



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**VYUŽITÍ ZNALOSTNÍCH SYSTÉMŮ A BÁZÍ PRO VÝBĚR A
HODNOCENÍ DOMOVNÍCH ELEKTROINSTALACÍ**

UTILIZATION OF KNOWLEDGE SYSTEMS AND BASES FOR SELECTION AND EVALUATION OF
DOMESTIC ELECTRICAL INSTALLATIONS.

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Miroslav Haluza

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

BRNO 2017

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE:

HALUZA, M. *Využití znalostních systémů aází pro výběr a hodnocení domovních elektroinstalací*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017, 115 s.

Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.“

Brno 2017

Ing. Miroslav Haluza

Poděkování

„Děkuji svému školiteli doc. Ing. Petru Tomanovi, Ph.D. a kolegovi Ing. Janu Macháčkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky a pomoc při realizaci této dizertační práce.

Děkuji také své ženě Jitce Haluzové za trpělivost a podporu.

V neposlední řadě patří poděkování mým rodičům Miroslavu a Ireně Haluzovým za celoživotní podporu a důvěru.“

Brno 2017

Ing. Miroslav Haluza

ABSTRAKT

Předkládaná práce se zabývá problematikou využití sofistikovaných metod výběru technického i ekonomického řešení elektroinstalace nejenom na základě ceny, ale také na základě mnoha dalších kritérií jako jsou například komfort, servis, životnost atd. Těžištěm práce je pojednání o elektroinstalačních systémech z globálního hlediska, kde pro objektivní hodnocení a výběr vhodného systému elektroinstalace již není možné použít běžné přístupy, vzhledem k rozsáhlosti takových systémů a jejich vzájemným vazbám. Ve čtvrté kapitole jsou sepsány informace ohledně spotřeby elektrické energie jak celkové, tak pro domácnosti. V této kapitole je také uvedena predikce spotřeby zejména domácností na následující období a následně uveden přehled možných opatření pro snížení spotřeby elektrické energie v domácnostech a rodinných domech. V další části práce jsou řešeny znalostní, resp. expertní systémy pro využití v elektrotechnice a zejména pro využití jako vhodného nástroje pro výběr a zhodnocení elektroinstalace pro rodinné domy. Výsledek této práce tedy poskytuje možné řešení elektroinstalace, se zaměřením na instalace systémové, pro rodinné domy a obytné budovy z technického i ekonomického hlediska za využití inovativních přístupů. Výsledkem práce je však zejména vytvoření základu znalostní báze a využití této báze jako podklad pro znalostní, resp. expertní systém pro hodnocení technického řešení elektroinstalace, jehož součástí by byla i funkce zpětné vazby o účelnosti řešení, užité hodnotě, ceně atd.

Klíčová slova

Inteligentní elektroinstalace, klasická elektroinstalace, centralizované systémy, decentralizované systémy, hodnocení, výběr, expertní systémy, nízká spotřeba, znalostní systémy a báze, systémy akumulace energie, alternativní zdroje energie, systém řízení v rodinném domě, BIM, UML, sémantický web, ontologie, Protégé.

ABSTRACT

My doctoral thesis deals with use of the sophisticated methods for the selection of technical and economic solution of electrical wiring. This solution is based not only on a price but also on many other criteria such as a comfort, service, durability etc. The focus of the work is a treatise on wiring systems from a global perspective, where it is impossible to use a conventional approach for objective evaluation and selection of the appropriate electrical wiring system (because of the complexity of such systems and their interdependencies). In the four chapter are given information of an energy consumption (the total consumption and household consumption). In this chapter is given also a consumption prediction – especially for households. Following is an overview of possible measures for reducing electricity consumption in households. In the next part of this thesis are solved the knowledge, respectively expert systems for use in an electrical engineering – especially for a suitable tool for the selection and evaluation of households wiring electrical system. The result of this work provides a possible solution for a selection of wiring electrical system for households (focusing on the intelligent wiring) – from a technical and economic point of view and with using an innovative approach. The main contribution of this work is a proposal of the main part of the knowledge base. This base could be as a basis for knowledge, respectively for an evaluating technical and economical solution of an electrical wiring system – the expert system includes also a feedback function of an effectiveness solution, use value, price etc., which would also serve as a knowledge base.

Keywords

Intelligent electrical installation, classic electrical installation, centralized systems, decentralized systems, multi-criteria, analysis, evaluation, selection, expert systems, low consumption, knowledge system and basis, energy storage system, alternative energy sources, household management system, BIM, UML, semantic web, ontology, Protégé.

OBSAH

1 ÚVOD	1
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY	3
2.1 HISTORICKÝ VÝVOJ	3
2.2 PRINCIP SYSTÉMOVÉ ELEKTROINSTALACE.....	4
2.2.1 POROVNÁNÍ KLASICKÉ A SYSTÉMOVÉ ELEKTROINSTALACE	5
2.2.2 VÝHODY VYUŽITÍ SYSTÉMOVÝCH ELEKTROINSTALACÍ	6
2.3 ROZDĚLENÍ SYSTÉMOVÝCH INSTALACÍ DLE DRUHU POUŽITÉHO SYSTÉMU	6
2.3.1 CENTRALIZOVANÝ SYSTÉM	7
2.3.2 DECENTRALIZOVANÝ SYSTÉM.....	7
2.3.3 HYBRIDNÍ SYSTÉM	7
2.4 PROTOKOLY SYSTÉMOVÝCH INSTALACÍ	8
2.4.1 OTEVŘENÉ (KOMPLEXNÍ) PROTOKOLY	8
2.4.2 SPECIALIZOVANÉ OTEVŘENÉ PROTOKOLY.....	8
2.4.3 UZAVŘENÉ (PROPRIETÁRNÍ) PROTOKOLY	8
2.4.4 POROVNÁNÍ SYSTÉMOVÝCH INSTALACÍ Z HLEDISKA JEJICH KOMPATIBILITY	8
2.5 TOPOLOGIE SBĚRNICOVÝCH VEDENÍ.....	9
2.5.1 LINEÁRNÍ TOPOLOGIE	9
2.5.2 LINIOVÁ TOPOLOGIE	9
2.5.3 HVĚZDICOVÁ TOPOLOGIE	10
2.5.4 KRUHOVÁ TOPOLOGIE	10
2.5.5 STROMOVÁ TOPOLOGIE	11
2.6 SOUHRN VÝHOD SYSTÉMOVÉ ELEKTROINSTALACE	11
2.7 SMART GRIDS	12
2.7.1 SMART METERING.....	12
2.7.2 SOUČASNÝ A BUDOUCÍ STAV SMART GRIDS V EU	13
2.8 INTERNET VĚCÍ (IoT)	14
2.8.1 SMART CITY	14
2.8.2 INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACE V RÁMCI IoT	15
2.9 SOUČASNÝ STAV V OBLASTI VĚDY A VÝZKUMU	15
3 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE	18
4 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE, PREDIKCE A MOŽNOST JEJÍ ÚSPORY	19
4.1 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE	19
4.1.1 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE V DOMÁCNOSTECH	21
4.2 MOŽNOSTI ÚSPOR ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	22
4.2.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BYTOVÝCH OBJEKTŮ	23
4.3 POTENCIÁLNÍ ÚSPORY ELEKTRICKÉ ENERGIE S VYUŽITÍM SYSTÉMOVÝCH ELEKTROINSTALACÍ	25
4.3.1 ČÍSELNÝ UKAZATEL ENERGIE PRO OSVĚTLENÍ (LENI).....	25
4.4 INTEGRACE ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ ENERGIE.....	27
4.5 AKUMULACE ELEKTRICKÉ ENERGIE	28
4.6 PREDIKCE SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	30

4.6.1 SPOTŘEBA VÝROBNÍ SFÉRY	30
4.6.2 SPOTŘEBA SFÉRY DOMÁCNOSTÍ.....	30
4.6.3 PREDIKCE VÝVOJE TUZEMSKÉ NETTO SPOTŘEBY ELEKTRINY	31
4.6.4 PREDIKCE VÝVOJE TUZEMSKÉ SPOTŘEBY ELEKTRINY DOMÁCNOSTÍ	32
5 ZNALOSTNÍ SYSTÉMY	35
5.1 ZNALOSTNÍ SYSTÉMY A JEJICH MOŽNOST VYUŽITÍ PRO VÝBĚR OPTIMÁLNÍ ELEKTROINSTALACE.....	35
5.2 VÝSTAVBA A PROJEKTOVÁNÍ	35
5.2.1 TYPY STAVEB.....	35
5.2.2 PROCES VÝSTAVBY	36
5.2.3 PROJEKTOVÁNÍ	38
5.2.4 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE.....	39
5.2.5 BIM SYSTÉMY	41
5.3 DATA, INFORMACE, ZNALOSTI	43
5.3.1 DATA.....	43
5.3.2 INFORMACE.....	44
5.3.3 DEFINICE ZNALOSTÍ A JEJICH REPREZENTACE	44
5.3.4 REPREZENTACE ZNALOSTÍ.....	45
5.4 EXPERTNÍ SYSTÉMY	46
5.5 ARCHITEKTURA EXPERTNÍHO SYSTÉMU	47
5.5.1 BÁZE ZNALOSTÍ	48
5.5.2 ŘÍDICÍ (INFERENČNÍ) MECHANISMUS	48
5.5.3 BÁZE ÚDAJŮ (FAKT).....	49
5.5.4 VYSVĚTLOVACÍ MODUL.....	49
5.5.5 GENERÁTOR VÝSLEDKŮ.....	49
5.5.6 KOMUNIKAČNÍ MODUL	49
5.6 TYPY EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	50
5.7 APLIKACE EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	51
5.8 TVORBA ES.....	52
5.8.1 ŽIVOTNÍ CYKLUS EXPERTNÍHO SYSTÉMU	52
5.8.2 SHRNUÍ VÝHOD A NEVÝHOD EXPERTNÍCH SYSTÉMŮ	53
5.9 SOFTWAREVÉ PROSTŘEDKY PRO TVORBU ES	53
5.9.1 PROGRAMOVACÍ JAZYKY UMĚLÉ INTELIGENCE.....	53
5.9.2 PRÁZDNÉ EXPERTNÍ SYSTÉMY	54
5.9.3 VÝVOJOVÁ PROSTŘEDÍ ZNALOSTNÍHO INŽENÝRSTVÍ	54
5.10 ZNALOSTNÍ BÁZE PRO TECHNICKÉ OBJEKTY.....	55
5.10.1 ŽIVOTNÍ CYKLUS TECHNICKÉHO OBJEKTU	55
6 ZNALOSTNÍ BÁZE, ONTOLOGIE A MODELOVÁNÍ	56
6.1 ONTOLOGIE A MODELOVÁNÍ ZNALOSTÍ	56
6.1.1 ONTOLOGIE.....	56
6.1.2 SÉMANTICKÝ WEB	57
6.1.3 SYSTÉMOVÁ ARCHITEKTURA A ZPRACOVÁNÍ DOTAZU	60
6.2 OWL – JAZYK PRO WEBOVÉ ONTOLOGIE	61
6.2.1 OWL-LITE	62
6.2.2 OWL-DL	63

6.2.3 OWL-FULL	63
6.3 ONTOLOGIE V PROSTŘEDÍ PROTÉGÉ	63
6.3.1 TŘÍDY	63
6.3.2 INDIVIDUA (JEDINCI).....	63
6.3.3 VLASTNOSTI.....	63
6.3.4 MODELOVÁNÍ V PROSTŘEDÍ PROTÉGÉ	64
6.3.5 NORMALIZOVANÁ ONTOLOGIE	65
6.4 UML.....	66
6.4.1 FÁZE PROJEKTU V JAZYCE UML.....	67
6.4.2 DIAGRAMY UML	68
7 ZNALOSTNÍ BÁZE PRO DOMOVNÍ INSTALACE.....	71
7.1 ONTOLOGIE PRO DOMOVNÍ ELEKTROINSTALACE	71
7.1.1 ZÁKLADNÍ TAXONOMIE	72
7.1.2 DEFINICE VZÁJEMNÝCH VAZEB	74
7.1.3 TAXONOMIE PRO DOMOVNÍ ELEKTROINSTALACE.....	75
7.1.4 ONTOLOGIE PRO DOMOVNÍ ELEKTROINSTALACE	79
7.2 WEB A ZNALOSTNÍ BÁZE PRO DOMOVNÍ ELEKTROINSTALACE.....	83
7.2.1 ZNALOSTNÍ BÁZE V INTERNETOVÉM PROHLÍŽEČI.....	83
7.2.2 ONTOLOGIE A SÉMANTICKÝ WEB	85
7.2.3 IMPLEMENTACE ZNALOSTNÍ BÁZE V RÁMCI SÉMANTICKÉHO WEBU	87
8 ZÁVĚR.....	88
8.1 CÍLE PRÁCE A JEJICH SPLNĚNÍ.....	88
8.1.1 ANALÝZA SYSTÉMOVÝCH ELEKTROINSTALACÍ.....	88
8.1.2 ROZBOR SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	89
8.1.3 ANALÝZA ZNALOSTNÍCH SYSTÉMŮ	89
8.1.4 NÁVRH ZNALOSTNÍ BÁZE PRO DOMOVNÍ ELEKTROINSTALACE.	90
8.1.5 IMPLEMENTACE ZNALOSTNÍ BÁZE PRO DOMOVNÍ ELEKTROINSTALACE DO WEBOVÉHO PROSTŘEDÍ.	91
8.2 SHRUTÍ VĚDECKÝCH POZNATKŮ PRÁCE A VLASTNÍ PŘÍNOS.....	92
8.3 MOŽNOST DALŠÍHO ZAMĚŘENÍ PRÁCE	92
POUŽITÁ LITERATURA A JINÉ ZDROJE INFORMACÍ	94
CURRICULUM VITAE	100

SEZNAM ILUSTRACÍ A OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Princip funkce – spínání žárovky</i>	<i>5</i>
<i>Obr. 2-2 Závislost nákladů na výkonnost elektroinstalace</i>	<i>6</i>
<i>Obr. 2-3 Typy použitých systémů</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 2-4 Lineární topologie</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 2-5 Liniová topologie.....</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 2-6 Hvězdicová topologie</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 2-7 Kruhová topologie</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 2-8 Stromová topologie.....</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 4-1 Spotřeba elektrické energie v ČR - domácnosti</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 4-2 Spotřeba elektrické energie v EU - domácnosti</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 4-3 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnosti</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 4-4 Energetická náročnost budov</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 4-5 Procentuální snížení spotřeby energie</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 4-6 Predikce tuzemské netto spotřeby elektrické energie</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 4-7 Vybavenost sektoru MOO – historie a predikce (% , rok 2013=100 %)</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 4-8 Měrná spotřeba subsektorů MOO – historie a predikce (% , rok 2013=100 %).....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 4-9 Spotřeba MOO a jejich subsektorů – historie a predikce (% , rok 2013=100 %).....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 5-1 Diagram procesu výstavby [A.34]</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 5-2 Zadávací a omezující podmínky při projektování [A.34]</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 5-3 Etapy života projektu [A.34]</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 5-4 BIM – tok informací [D.18].....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 5-5 Diagram optimalizace BIM [A.37].....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 5-6 Plán informačního modelování [A.37].....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 5-7 Data, poznatky, informace [A.31]</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 5-8 Hierarchie znalostí [A.18].....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 5-9 Způsoby reprezentace znalostí [D.15]</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 5-10 Základní složky expertního systému [A.18].....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 5-11 Základní a přídatné složky expertního systému [upraveno z A.18, A.30]</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 5-12 Architektura diagnostického expertního systému [A.18]</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 5-13 Architektura plánovacího expertního systému [A.18].....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 6-1 Ontologie a expertní systém [A.28].....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 6-2 Schématická struktura vrstev Sémantického webu</i>	<i>58</i>

<i>Obr. 6-3 Sémantické spektrum a jeho vyjádření v závislosti na užití technologii zápisu.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 6-4 Schéma procesu zpracování dotazu v přirozeném jazyce.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 6-5 Vývoj k jazyku OWL.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 6-6 Dialekty jazyka OWL.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 6-7 Prvky ontologického modelu</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 6-8 Architektura znalostního systému s využitím nástroje Protégé [D.13]</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 6-9 Normalizace ontologie.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 6-10 Vztahy mezi třídami Definovanými, Primitivními a Přídavnými.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 6-11 Struktura jazyku UML [A.33].....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 6-12 Jednotlivé fáze projektu v jazyce UML [A.33]</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 6-13 Přehledové schéma diagramů UML.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 7-1 Prostředí editoru Protégé.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 7-2 Ukázka taxonomie – základní.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 7-3 Ukázka taxonomie – základní (OWL-Viz)</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 7-4 Ukázka taxonomie – grafické prostředí Protégé.....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 7-5 Ukázka taxonomie – definice vzájemných vazeb</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 7-6 Taxonomie základních tříd pro domovní elektroinstalace a přidružené systémy.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 7-7 Ukázka taxonomie – Akumulátory - podrobněji.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 7-8 Ukázka definice instancí jednotlivých tříd a přiřazených vlastností.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 7-9 Ukázka definice vlastností – Objektové vlastnosti.....</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 7-10 Ukázka přiřazení vlastností – Objektové vlastnosti.....</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 7-11 Ukázka definice vlastností – Datotypové vlastnosti</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 7-12 Ukázka přiřazení vlastností – Datotypové vlastnosti</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 7-13 Definice konkrétní instance (jedince)</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 7-14 Export ontologie do formátu HTML.....</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 7-15 Náhled - export ontologie do formátu HTML v prostředí Protégé</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 7-16 Ukázka HTML - Parametry akumulátoru.....</i>	<i>85</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2-1 Porovnání systémových instalací z hlediska jejich kompatibility.....</i>	<i>8</i>
<i>Tab. 2-2 Souhrn výhod systémové elektroinstalace</i>	<i>11</i>
<i>Tab. 4-1 Průměrné hodnoty spotřeby elektrické energie v domácnosti.....</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 4-2 Průměrné hodnoty spotřeby elektrické energie v domácnosti – ostatní spotřebiče ..</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 4-3 Seznam funkcí a přiřazení do tříd en. účinnosti (výtah z normy EN 15232)</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 4-4 Výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů pro RD [A.23]</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 4-5 Zařízení pro akumulaci elektrické energie</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4-6 Vývoj spotřeby elektrické energie [GWh] – referenční scénář</i>	<i>31</i>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Veličina	Značka jednotky
A	celková využitelná plocha budovy	m^2
EP_{Light}	vypočtená celková roční dodaná energie pro osvětlení	GJ.rok^{-1}
$LENI$	číselný ukazatel energie pro osvětlení	$\text{kWh.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$
P_n	celkový provozní příkon	kW
t_0	provozní doba	hod.rok^{-1}
W	celková roční spotřeba elektrické energie pro osvětlení	kWh.rok^{-1}
Zkratka	Vysvětlivka	
AA-CAES	Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage	
ACS	přístupový systém	
ASEK	Aktualizace státní energetické koncepce ČR	
BF	báze faktů (údajů)	
BIM	Building Information Modeling, Building Information Management	
BZ	báze znalostí	
BUS	sběrnice	
CAES	Compressed Air Energy Storage	
CASE	computer-aided software engineering (počítačem podporované softwarové inženýrství)	
CCTV	uzavřený okruh televizních kamer	
CIB	Common Installation Bus	
CO	systém detekce oxidu uhelnatého	
DALI	Digital Adressable Lighting Interface	
DT	domovní telefon	
E27, EU28	označení pro všechny členské země EU	
EEN	elektroenergetická náročnost	
EHS	evropsky normovaná komunikace pro domácí spotřebiče	
EIB/ EIBA	European Installation Bus / European Installation Bus Asociation	
EN	evropská norma (European Standard)	
EPS	elektrická požární signalizace	
ES	expertní systém, expertní systémy	
EU	Evropská unie	

EZS	elektronická zabezpečovací signalizace
GUI	Graphical User Interface (grafické uživatelské rozhraní)
HVAC	Heating, ventilation, and air conditioning (Topení, větrání a klimatizace)
HDO	hromadné dálkové ovládání
HPH	hrubá přidaná hodnota
IDE	Integrated development environment (integrované vývojové prostředí)
IFC	výměnný formát pro stavebnictví (Industry Foundation Classes)
IM	inferenční (řídící) mechanismus
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
IoT	Internet of Things (Internet věcí)
KNX	Konnex
LENI	Lighting Energy Numeric Indicator
LON	Local Operating System
MCA	multicriteria analysis (multikriteriální analýza)
MN	malé napětí
MOO	maloodběr obyvatelstva
MOP	maloodběr podnikatelský
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NAP SG	Národní akční plán pro chytré sítě
NLU	Natural Language Understanding (porozumění přirozenému jazyku)
NN	nízké napětí
NO	nouzové osvětlení
PVE	přečerpávací vodní elektrárna
OP PIK	Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
OTE	operátor trhu s elektřinou
OZE	obnovitelné zdroje energie
OWL	Ontology Web Language
RD	rodinný dům
RDF	Resource Description Framework
ŘJ	řídící jednotka
SEI	Státní energetická inspekce
SELV	Safety Extra-Low Voltage (bezpečné malé napětí)
SK	strukturovaná kabeláž

STA	společná televizní a satelitní anténa
TUV	teplá užitková voda
UI	umělá inteligence
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
VO	velkoodběr
VVN	velmi vysoké napětí
W3C	World Wide Web Consortium
WYSIWYG	What You See Is What You Get („co vidíš, to dostaneš“) - editor
WWW	World Wide Web
ZVEI	Centrální svaz elektrotechniky a elektronického průmyslu v Německu
ZVN	zvlášť vysoké napětí

Jestliže nastala elektrická smrt a elektrika přestala fungovat, došlo k něčemu nenapravitelnému, co ponese trvalé důsledky, říkal si a přece nebyl ochoten si připustit, že se svět převrátil do čehosi trvale temného.

Ondřej Neff, Tma (2014)

1 ÚVOD

V dnešní době už nepředstavuje dům jen čtyři stěny, jednu lampu a televizi. V moderním domě jde zejména o optimalizaci komfortu ovládání přístrojů a optimalizaci bezpečnosti. Přibyla spousta nových systémů pro zabezpečení, řízení a pohodlí domova. Nastává problém s velkým množstvím vodičů, ovládacích míst a velice složitou elektroinstalací pro dosažení požadovaných zákaznických přání. Firmy nabízí téměř shodný sortiment výrobků pro inteligentní elektroinstalace založený nejčastěji na třech hlavních sběrnicevých standardech – KNX, Nikobus a LON. Mezi základní požadavky systémových instalací patří ovládání osvětlení a zásuvkových rozvodů, vizualizace, regulace vytápění, chlazení a ventilace, řízení žaluzií, markýz, rolet a závěsů, ovládání oken, dveří, vrat a bran, optimalizace spotřeby energie a spolupráce s elektronickým zabezpečovacím systémem a požární signalizace. Většina společností zabývajících se systémovou elektroinstalací tyto funkce nabízí a liší se většinou pouze nadstandardními funkcemi, cenou atd., ale základní myšlenka zůstává stále stejná – zvýšení komfortu, bezpečnosti a úspora energie.

Vzhledem k rozsáhlosti inteligentních elektroinstalací, jejich četným možnostem, druhům sběrnicevých vedení, řadě výrobců atd. je potřeba nalézt pro projektanty nebo i pro zájemce o využití těchto instalací metodiku, jak vhodně dle předem daných parametrů vybrat druh a vhodné funkční celky elektroinstalace. Je potřeba vzít v úvahu rozsáhlou množinu kritérií, jak z technického tak i ekonomického hlediska. Ekonomická stránka v elektrotechnice i elektroenergetice je dnes velmi aktuální. Zapojování ekonomických analýz, byť jednoduchých je samozřejmostí, bez které není možné technický problém dovést ke konečnému a optimálnímu řešení. Finance se stávají při návrhu nejen elektroinstalací téměř nejdůležitějším faktorem. Je potřeba zvažovat nejen investiční náklady, ale vzhledem k neustálému nárůstu cen energií klást větší důraz i na náklady provozní.

Aktuálním tématem nejen v Evropě je maximalizace energetické efektivity při zajištění maximální šetrnosti k životnímu prostředí. Tohoto je možné dosáhnout více způsoby a jedním z nich, je soustředit se na maloodběratele, jejichž typickým příkladem jsou domácnosti, které jako celek mají podíl na výsledné energetické efektivity a účinnosti. S ohledem na tyto snahy se nabízí využití účinných metod, zejména multikriteriální analýzy nebo i dalších ekonomických nástrojů pro hodnocení a výběr optimálního řešení elektroinstalace, která bude splňovat nejen technické požadavky, ale i požadavky ekonomické.

Změna klimatu a rostoucí nedostatek zdrojů je velmi diskutovaným tématem dnešní doby. Navíc, mnoho zemí po celém světě, je závislých na dovozu energií – v EU například, se dováží 50 % dnes spotřebovávané energie. Do roku 2030 by dovážené množství energie mělo dosáhnout 70 %. Efektivní a udržitelné využívání energie je proto naléhavou nutností - plně v souladu s mottem vytvořeným Evropskou komisí - "Méně je více". [D.7]

Vedle dopravy a průmyslu je dalším největším spotřebitelem energie provoz budov. Topení, chlazení a osvětlení obytných a nebytových budov spotřebuje v technologicky vyspělých státech přibližně 40 % veškeré energie, což je podíl, který vyžaduje velkou pozornost.

Vzhledem ke snaze EU i ČR o snížení spotřeby energií se nabízí možnost studie úspor elektrické energie s využitím systémových elektroinstalací, jejich optimálního návrhu v rámci technického i ekonomického řešení za využití moderních výběrových metod a následného zpětného ekonomického i technického zhodnocení.

Tím vyvstává možnost využití znalostních, resp. expertních systémů pro výběr optimální varianty elektroinstalace pro sektor domácností. V rámci této práce a snahy o praktické využití systému pro výběr domovní elektroinstalace by měla být provedena analýza a následná implementace evropských směrnic, norem a vyhlášek společně s normami ČSN a ČSN EN tak, aby bylo možné tento expertní systém využít v praxi jako pomoc projektantům elektro a následně jako podklad pro investora, majitele, podklad pro energetický štítek budovy atd.

Výsledek dizertační práce by měl poskytnout souhrnné informace pro výběr a pro řešení domovní elektroinstalace, se zaměřením na instalace systémové, pro rodinné domy a obytné budovy z technického i ekonomického hlediska za využití inovativních přístupů. Záměrem této práce je návrh znalostní báze pro možnost využití v rámci znalostních systémů pro hodnocení technického řešení elektroinstalace, jehož součástí by byla i funkce zpětné vazby o účelnosti řešení, užitné hodnotě, ceně atd., která by dále sloužila jako zpětná vazba a upřesňující podklad báze znalostí.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY

2.1 Historický vývoj

První myšlenka na inteligentní elektroinstalaci nebo spíše automatizovaný dům se objevuje v 50. letech minulého století. Prvotní představa původně zahrnovala jen automatické řízení vyhřívání, roboty na čištění podlah a audio/video systém v hlavní místnosti.

V 60. letech minulého století byl v Japonsku prezentován „inteligentní dům“, v němž řízení veškerých funkcí řídil počítač. Tyto práce se však nesetkaly se širokým uplatněním v praxi, zejména proto, že ceny energií byly oproti těm současným zanedbatelné a neexistoval tedy ekonomický důvod ke snižování provozních nákladů. V Evropě jako jedny z prvních inteligentních systémů vznikaly centralizované systémy u německého koncernu Siemens.

V období 70. a 80. let začínalo být zřejmé, že klasická elektroinstalace již nedostačuje všem novým požadavkům na komfort při zachování hospodárnosti zacházení s energetickými zdroji. Také centralizované systémy už nebyly schopny plošně pokrýt celou rozlohu budovy.

V 90. letech se v USA začal používat pojem inteligentní budova. Jednalo se o vzájemné propojení služeb, systémů a správy budovy, jehož cílem bylo splnění současných i budoucích požadavků zejména v oblasti uživatelského komfortu.

V roce 1987 byl založen spolek Instabus-Gemeinschaft díky spojení několika předních firem na evropském trhu (Siemens, Berker, Gira, Merten, Insta, Jung), jehož cílem byl vývoj systému pro měření, regulaci a sledování provozně technických funkcí v budovách. Základní požadavky pro řešení – projekční a instalační jednoduchost, volná rozšiřitelnost a otevřenost pro nové aplikace. Nejdůležitější však bylo to, že se jednalo o decentralizované systémy.

V roce 1990 vznikla společnost EIBA (European Installation Bus Association) se sídlem v Bruselu. Jednalo se o nadnárodní nezávislou certifikační a koordinační asociaci, ke které patřily jako první firmy ABB, OBO, Bosh, Siemens, Felten & Guillaume, Philips, Legrand, Gira, Dehn, Grundig, Phoenix, WAGO. Postupně se k seskupení EIBA přidávaly další firmy a v roce 1990 měla již 70 členů. Cílem této asociace byla kvalita a kompatibilita výrobků EIB pro systémovou techniku budov. I přes jednotící snahy přetrvávaly v Evropě kromě EIB i další standardy – Batibus (francouzský) a EHS (evropsky normovaná komunikace pro domácí spotřebiče).

Díky snaze o sjednocení různých sběrníkových systémů, rychlostí komunikace, různorodosti topologie a jejich následným nahrazením jediným sběrníkovým systémem byla v roce 1986 založena skupinou investorů a inženýrů společnost ACM Research. O dva roky později byla společnost přejmenována na Echelon.

Sběrníková technologie byla označena LON (Local Operating System), lokálně pracující síť. Měla se stát univerzálním řešením pro decentralizované sběrníkové systémy. Dnešní poměrové využití systému LON je odhadováno na 35 % v systémech budov, 15 % v domácích aplikacích, 35 % v průmyslové automatizaci a 15 % v ostatních oblastech.

Systém Nikobus byl představen v roce 1993 belgickou firmou Niko - jedná se o jakousi odlehčenou domácí variantu, která by neměla být proti ostatním finančně a projekčně

tak náročná. Sběrníkový systém Nikobus byl navržen speciálně pro domy a byty a omezuje se pouze na funkce, nutné v této oblasti.

Teprve v prosinci 2003 byl definován standard konnex (KNX) zastřešující všechny tři standardy. Z mezinárodní asociace EIBA vznikla asociace Konnex. Označení EIBA bylo ponecháno pro servisní složku asociace Konnex.

Standard KNX je zakotven v evropské normě EN 50090. Díky dlouholetému integračnímu a certifikačnímu úsilí vznikla široká nabídka produktů od více než sto dvaceti výrobců z různých oborů techniky prostředí budov (umělé osvětlení, větrání, vytápění, zastiňování, chlazení atd.).

Teprve před několika lety byl vyvinut nový komunikační standart ZigBee. V současné době je vyvinuta bezdrátová komunikace pracující na principu přenosu informací pomocí rádiových vln. K existujícímu hardwaru v podobě čipové sady zajišťující komunikaci ovšem nejsou dosud k dispozici žádné aplikace umožňující praktické využití. Úvahy a ambice vývojářů jsou velmi široké – počínaje malou domácí automatizací přes automatizaci budov a průmyslových procesů až po plošný sběr a distribuci informací.

2.2 Princip systémové elektroinstalace

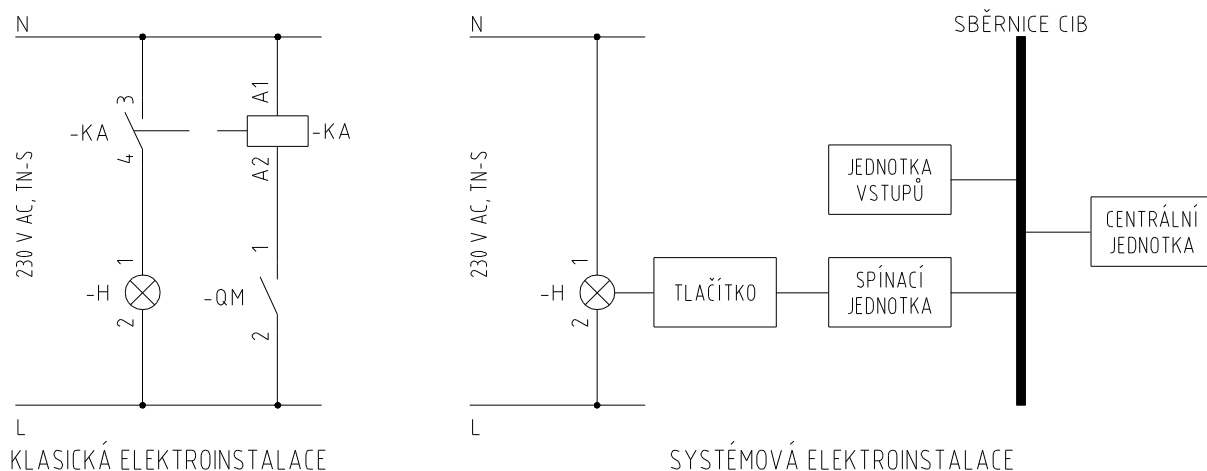
Systémy pro komplexní systémové řízení budov jsou obecně založeny na sběrníkové komunikaci a na vhodné topologii sítě. Výběr typu komunikační sběrnice, jakož i výběr vhodné topologie je výrazně závislý na rozsahu elektrické instalace, na požadavcích na ovládání a rovněž také na kompatibilitě příslušných účastníků komunikace – souboru senzorů a aktorů. [D.1]

Systémové instalace slouží k ovládání a řízení všemožných technologií a procesů, se kterými se lze v budovách a objektech běžně setkat. Jejím hlavním úkolem je komplexně řešit použití samostatných technologií v rámci jednoho funkčního celku. Tento systém pak řeší vše od provádění měření a regulace v topném systému, ovládání a řízení osvětlení, spínání ventilace, řízení pohonu okenních žaluzií nebo rolet, řízení pohonu otevírání a zavírání oken, spínání závlahových systémů až po vizualizaci celé použité technologie.

Systémová elektroinstalace je navržena modulárně, to znamená, že jednotliví účastníci jsou vzájemně propojeni sběrníkovým kabelem. Sběrníková instalace umožňuje snadné projektování, protože je jednoduchá, přehledná a neobsahuje různé elektrické systémy. Systémy této elektroinstalace využívají ke své činnosti komunikační sběrnici. Sběrnice (bus) umožňuje výměnu dat mezi jednotlivými přístroji, které jsou součástí elektrické instalace. Tvoří ji obvykle pár vodičů (kroucená dvojlinka), na které jsou připojeny jednotlivé ovládací, řídicí a řízené prvky. Sběrnice má za úkol cíleně přenášet informace mezi jednotlivými prvky instalace, které jsou na ni paralelně napojeny. Podle nadefinované adresy mezi přijímačem a vysílačem lze teoreticky komunikovat mezi libovolnými přístroji inteligentní instalace. Všechny přístroje, které jsou součástí elektrické instalace, lze rozdělit do tří funkčních skupin, na senzory, aktory a systémové přístroje. [D.10]

Tato elektroinstalace je zaváděna v důsledku vyšších požadavků na flexibilitu, komfort instalace a montážní zjednodušení vysoce náročných elektrických instalací ve spojení s minimalizací spotřeby energie. Spojuje v sobě klasická silnoproudá zařízení s postupy a technologiemi řídicích systémů slaboproudých zařízení.

Systémová instalace nespíná ovládacím prvkem přímo příkon spotřebiče, ale posílají se jen povely pro spínání – ZAP/VYP. Porovnání instalací z hlediska funkce při spínání žárovky je uvedeno na Obr 2-1.



Obr. 2-1 Princip funkce – spínání žárovky

U klasické elektroinstalace, viz Obr 2-1, je tedy normální vypínač, který po stisknutí zapne, nebo vypne svítidlo, popř. jiný elektrický spotřebič třeba ventilátor. Protože složitější ovládání spotřebičů pomocí klasické elektroinstalace je provedeno reléovým systémem, je použit pro vysvětlení principu spínání systém se spínačem a spínacím relé. Svítidlo je tedy řízeno vypínačem a je rozpínán přímo napájecí obvod (fáze).

Ve skutečnosti je to provedeno tak, že z rozvaděče je připojen samostatně jištěný přívodní kabel do vypínače, přes který se vede přívod až do samotného světelného zdroje. Vypínač popř. vypínače tedy slouží přímo k přerušení napájení ke svítidlu. Každý světelný okruh, který chceme ovládat samostatně, musí mít svůj vlastní vypínač. U zásuvkových obvodů to znamená jejich přímé napojení do rozvaděče na jistící prvky. To samé platí i pro připojení ostatních použitých technologií. [D.9]

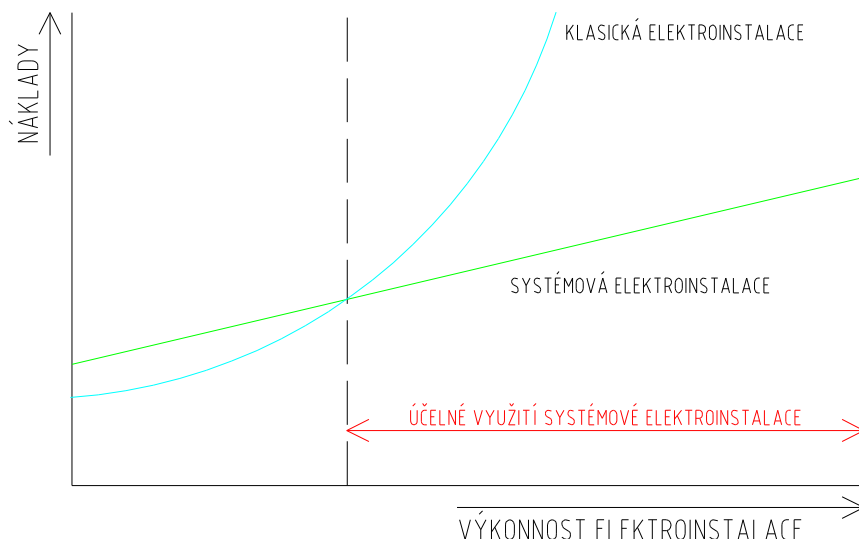
V systémové elektrické instalaci, např. se sběrnici CIB příslušnost jednotlivých ovládacích prvků (tlačítkových spínačů) k jim odpovídajícím světelným okruhům není dána přímým silovým propojením, ale softwarovým přiřazením těchto tlačítek přes jednotku vstupů ke spínací jednotce, která bude vykonávat předem naprogramované příkazy. Sběrnice zajišťuje jak přivedení napájecího napětí pro jednotlivé prvky, tak i komunikaci mezi těmito prvky a centrální jednotkou. Komunikace je tedy „namodulována“ na napájecím napětí.

2.2.1 Porovnání klasické a systémové elektroinstalace

Klasická elektroinstalace se skládá z různých samostatných systémů (ovládání osvětlení, ovládání topení, ovládání rolet a žaluzií...). Zapojení je v této elektroinstalaci pevné - neměnné. Neposílají se žádné informace, ale spíná se přímo obvod příslušného spotřebiče. Konvenční elektroinstalace má tu nevýhodu, že projektování je komplexní, změny znamenají pro zákazníka vysoké náklady (zpravidla jsou spojeny se sekáním a vrtáním do zdí) a spleť kabelů je často nepřehledná. Problémem je i propojení různých systémů (např. zapnout světlo při spuštění rolet).

Základní, doposud preferovaný, výběr klasické nebo systémové instalace záleží na závislosti nákladů na výkonnosti elektroinstalace, viz Obr. 2-2. Klasickou instalací je možné zajistit většinu požadavků, kladených na elektrické vybavení budov.

Systémové elektroinstalace mají však oproti klasickým vyšší komfort ovládání přístrojů a zařízení, zavádí bezpečnostní funkce (signalizace rozbití oken, poplachu atd.), jsou jednodušší, přehlednější, umožňují snadné projektování a dodatečné rozšíření systému o další prvky. Tyto elektroinstalace jsou také vybaveny funkcí centrálního ovládání všech zařízení v budovách a bytech a oproti klasickým dosahují optimální spotřeby energie.



Obr. 2-2 Závislost nákladů na výkonosti elektroinstalace

2.2.2 Výhody využití systémových elektroinstalací

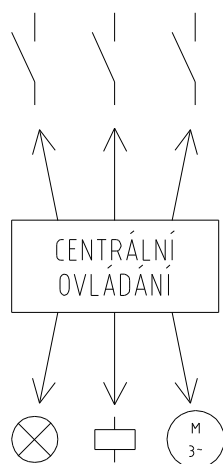
Mezi hlavní výhody systémových instalací patří zejména poskytovaný komfort v řízení, ovládání a řízení spotřeby energie. U velkých a rozsáhlých systémů představuje systémová instalace jedinou možnou cestu z důvodu přehlednosti a komplexnosti. Zkušenosti z praxe jednoznačně potvrzují, že u velkých a rozsáhlých projektů je provedení této instalace cenově srovnatelné, nebo v některých případech dokonce i levnější než provedení klasického způsobu elektroinstalace. Mezi další výhody patří i možnost libovolného rozšíření celé systémové instalace a jednoduchost kabeláže. V neposlední řadě je i možnost dodatečně přizpůsobovat a upravovat nastavení celého systému inteligentní instalace. Sběrnice je napájena jen malým napětím SELV, dochází tedy k vyloučení vlivu elektromagnetického vyzařování instalací 230 V.

Hlavní nevýhodou systémové instalace je nepřiměřená velikost finančních nákladů při použití v malých nebo jednoduchých systémech. Tady je to jednoznačně otázka prestiže a požadovaného komfortu ze strany investora. Další nevýhodou této instalace je, že v naší republice zatím není příliš rozšířena, tudíž jsou vysoké investiční náklady za instalační materiály. Z toho plyne i poslední nevýhoda a to je nedostatek odborných firem na trhu, které jsou schopny kvalitně provést takovéto instalace.

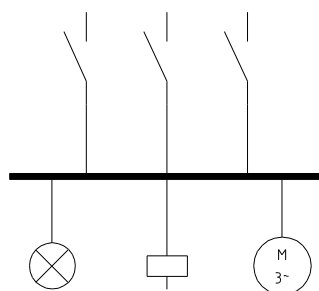
2.3 Rozdělení systémových instalací dle druhu použitého systému

Existují dva základní typy sběrnicových systémů: centralizované a decentralizované.

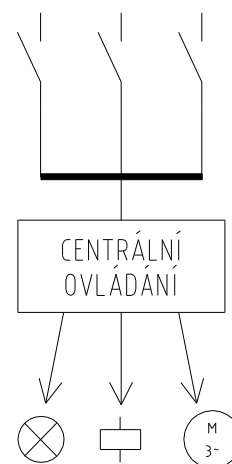
Stupeň centralizace závisí na počtu lokalit inteligentních prvků odpovídajících za řídicí a monitorovací funkce. Zvláštním systémem je systém hybridní, který je kombinací výše uvedených. Rozdělení systémových elektroinstalací je znázorněno na Obr 2-3.



a - centralizovaný systém



b - decentralizovaný systém



c - hybridní systém

Obr. 2-3 Typy použitých systémů

2.3.1 Centralizovaný systém

U centralizovaného systému (ovládání elektrických spotřebičů) jsou vstupy (spínače, tlačítkové spínače, senzory atd.) a výstupy (svítidla, spotřebiče atd.) propojeny s centrálním řízením hvězdicově. To znamená, že každý účastník (senzor, spotřebič) má vlastní spojení s centrálním řízením. Účastníci mohou vzájemně komunikovat jen prostřednictvím této centrály. Toto uspořádání je obvyklé například u programovatelných automatů (PLC/SPS – Mitsubishi, Johnson Controls, Landis&Stefa, Honeywell, Allan-Bradley) a u mikrosystémů Siemens (moduly LOGO).

2.3.2 Decentralizovaný systém

U decentralizovaného systému má každý účastník (senzory i aktory) vlastní mikroprocesor s pamětí a je připojen na sběrníkové vedení. Žádný z účastníků nemá nadřazenou funkci, která by umožňovala rozhodovat:

- kdy a kdo má vysílat požadované údaje
- kdy a kdo má vykonávat příkaz
- kdy a kdo má přijímat požadované údaje

Každý z účastníků je trvale připraven přijímat informace a současně odesílat data, která jsou potřebná pro splnění vyžadované činnosti. Všichni účastníci mají relativně stejná práva při přístupu na sběrnici. Je zaručena větší spolehlivost provozu (např. EIB, EIB/KNX, LON apod.).

2.3.3 Hybridní systém

Hybridní systémy jsou koncipovány jako kombinace výše zmíněných systému (centralizovaný a decentralizovaný) a mají být účelným kompromisem mezi centralizovaným a decentralizovaným řízením. V inteligentních domech je jejich nasazení méně časté, ale velice výhodné, protože spojuje výhody obou typů řízení a minimalizují tak náklady na celý řídicí systém. Systém tedy obsahuje centrální řídicí jednotku a „chytré“ prvky domovní elektroinstalace. Jejich komunikace probíhá na bázi decentralizovaného systému a využívají přitom topologie, kdy prvky spolu komunikují navzájem a centrální jednotka je pouze sleduje.

2.4 Protokoly systémových instalací

Protokoly systémových instalací lze na základě otevřenosti rozdělit na tři základní skupiny:

- otevřené (komplexní) protokoly
- speciální otevřené protokoly
- uzavřené (proprietární) protokoly.

2.4.1 Otevřené (komplexní) protokoly

Otevřený protokol je podložen veřejným standardem (ISO, ANSI, EN, IEC), takže zařízení komunikující jeho prostřednictvím může nabízet kterýkoliv výrobce. Tato zařízení jsou pak navzájem kompatibilní. [A.25]

Mezi základní představitele je možné řadit LonWorks, KNX/EIB, BACnet nebo EnOcean.

2.4.2 Specializované otevřené protokoly

Do této kategorie jsou zařazeny protokoly, které jsou specializovány na TZB (technická zařízení budov) s využitím systémových elektroinstalací. Spadá sem zejména řízení osvětlení, řízení vytápění a HVAC (heating, ventilation and conditioning), řízení motoru žaluzií nebo sběr dat z měřidel odběru apod.

Mezi základní specializované otevřené protokoly patří OpenTherm (standard ke sjednocení přístupu k ovládání kotlů a bojlerů), DALI (protokol určený pro řízení zdrojů osvětlení, zejména pro stmívání) a DMX512 (protokol určený opět pro řízení zdrojů osvětlení, zejména pro aplikaci velmi rychlých změn osvětlení).

2.4.3 Uzavřené (proprietární) protokoly

Opakem otevřených standardů jsou uzavřené (proprietární) systémy jednoho výrobce. Specifikace způsobu komunikace a fungování systému není dostupná žádným jiným výrobcům nebo pouze několika na základě vzájemné dohody. [A.25]

Mezi základní představitele v podmínkách ČR patří Moeller X-Comfort/Nikobus a Inels.

2.4.4 Porovnání systémových instalací z hlediska jejich kompatibility

Tab. 2-1 Porovnání systémových instalací z hlediska jejich kompatibility

Systém	Otevřený	Uzavřený
Řídicí systémy	Možnost použití zařízení od různých výrobců	Všechna zařízení od jednoho výrobce nebo spolupracujících výrobců
Komunikační protokol	Standardní veřejný protokol a standardní média	Jedinečný, neveřejný protokol výrobce
Softwarové nástroje	Systémový software a softwarové nástroje všeobecně dostupné	Softwarové nástroje nejsou poskytovány nebo jsou velmi nákladné
Databáze	Standardní datové struktury a standardní techniky přenosu	Struktura databáze a způsob zpracování informací nejsou poskytovány
Realizace	Realizace systémů prostřednictvím integrátorů, kteří nejsou spojeni smlouvou s žádným výrobcem	Realizace systému přímo výrobcem nebo jeho zástupci
Důsledky pro uživatele	Funkční jednoduchost, přizpůsobení výběru řešení pro	Vysoké náklady na změny během realizace, nepřiměřené náklady na

	mění se požadavky vůči systému, nižší náklady na projektování i realizaci, možnost porovnání kvality a cen výrobků a služeb v každé fázi realizace a využívání systému	rozšíření systému k počáteční ceně investice, modifikace nebo rozšíření prováděné pouze výrobcem nebo jeho zástupci, drahé náhradní díly, nákladné smlouvy na poskytování servisních služeb, nemožnost použití ekvivalentních výrobků jiných výrobců
--	--	--

2.5 Topologie sběrnicových vedení

Sběrnice je přenosové médium, ke kterému jsou připojeni různí účastníci, kteří si po sběrnici vyměňují informace. Sběrnice neslouží k napájení vlastních spotřebičů a je napájena bezpečným malým napětím SELV.

Všechny prvky v systému, připojené na sběrnici jsou vybaveny řídicími elektronickými obvody, které umožňují adresnou komunikaci. U systémových elektroinstalací existují různé struktury sběrnicové topologie.

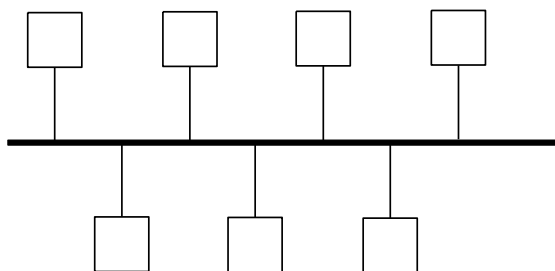
2.5.1 Lineární topologie

Lineární topologie je také známa jako lineární sběrnice. Skládá se z jediného kabelu nazývaného hlavní kabel (také páteř nebo segment), který v jedné řadě propojuje všechny uzly v síti. Jednotlivé prvky v síti s lineární topologií komunikují tak, že adresují data konkrétnímu prvku a posílají tato data po kabelu ve formě elektrických signálů. Tato data jsou posílána všem prvkům v síti, nicméně informaci přijme pouze ten prvek, jehož adresa odpovídá adrese zakódované v počátečním signálu. V daný okamžik může zprávy odesílat vždy pouze jeden prvek sítě.

Protože ve sběrnicové síti může v daném okamžiku data posílat vždy pouze jeden prvek sítě, závisí výkon sítě na počtu těchto prvků připojených ke sběrnici. Čím více prvků je ke sběrnici připojených, tím více prvků bude čekat, aby mohly poslat data po sběrnici, a tím bude síť pomalejší. Ovšem rychlost sítě nezáleží jen na počtu připojených uzlů, ale taky na typu kabelu, vzdálenosti mezi uzly, atd.

Výhodou sběrnicové topologie je jednoduchost zapojení a nízká cena.

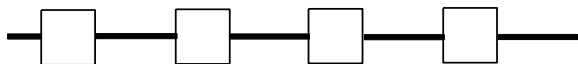
Nevýhodou je nepraktičnost, obtížná lokalizace závad a malá rychlost.



Obr. 2-4 Lineární topologie

2.5.2 Liniová topologie

Topologie liniová je charakteristická tím, že se jednotlivé prvky zapojují na sběrnici sériově, vždy jeden prvek za druhým, přičemž odbočky nejsou povoleny. Oba konce sběrnice se zakončují terminačními odpory. Centrální jednotku lze umístit na kterékoliv místo v průběhu sběrnice.

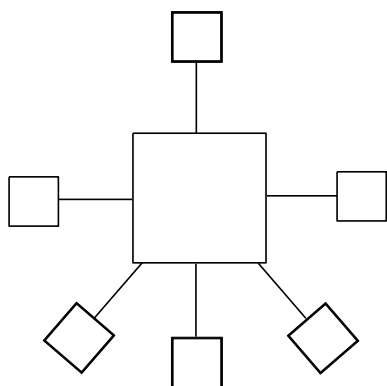


Obr. 2-5 Liniová topologie

2.5.3 Hvězdicová topologie

Topologie hvězdicová je typická tím, že jednotlivé stanice jsou vždy propojeny na řídicí jednotku. V této topologii se zpráva vyslaná jednou stanicí šíří po celé síti, aby ji mohla cílová stanice přijmout. Signály se přenáší z vysílacího prvku přes rozbočovače do všech počítačů v síti.

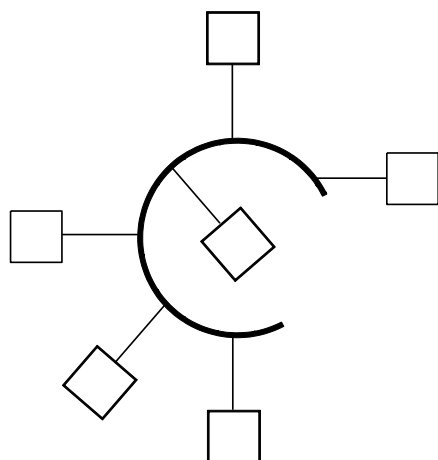
Oproti sběrnicové topologii se vyznačuje větší přenosovou rychlostí, to je dáno tím, že každý přenosový kanál je používán pouze jedním účastníkem, z toho plyne nemožnost vzniku kolizí při komunikaci. Síť je méně náchylná na kolaps, v případě poruchy jednoho účastníka nebo jeho komunikačního kanálu mohou ostatní účastníci dále fungovat v síti. Nevýhodou této topologie jsou velké nároky na kabeláž. V případě kolapsu centrálního prvku přestává fungovat celá síť. Tato topologie představuje současný trend.



Obr. 2-6 Hvězdicová topologie

2.5.4 Kruhová topologie

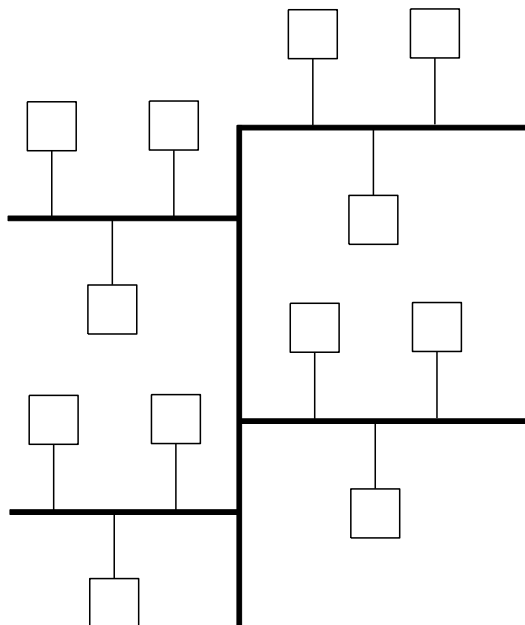
Tato topologie je založena na tom, že vysílací část jednoho uzlu je zapojena do přijímací části následujícího uzlu. Typickými technologiemi používajícími topologii kruhu jsou Token Ring a FDDI. Tyto používají kruh logicky, ale fyzicky je topologie tvořena hvězdou s centrálním prvkem.



Obr. 2-7 Kruhová topologie

2.5.5 Stromová topologie

Pojem stromová topologie označuje propojení systému do útvaru tvarem připomínající strom. Vychází z hvězdicové topologie spojením aktivních síťových prvků, které jsou v centrech jednotlivých hvězd. Při selhání jednoho prvku zůstane zachována funkčnost zbytku systému. Stromovou topologií je dosaženo nižší spotřeby kabeláže.



Obr. 2-8 Stromová topologie

2.6 Souhrn výhod systémové elektroinstalace

Tab. 2-2 Souhrn výhod systémové elektroinstalace

Komfort	<ul style="list-style-type: none"> - stmívací funkce (postupný náběh/doběh, soft start, světelné scény) - ovládání přes dotykový displej (zabudovaný ve stěně, kompletní přehled) - ovládání běžným dálkovým ovladačem - ovládání hlasem - regulace teploty podle předem nastavených programů - možnost ovládání přes mobilní telefon, počítač a internet
Automatizace	<ul style="list-style-type: none"> - funkce se provádí automaticky na základě určené veličiny (čas, teplota, úroveň osvětlení, pohybu osob, síla větru...) - je možno vykonat několik funkcí na základě jednoho povelu nebo události (např. při setmění systém zatáhne žaluzie, rozsvítí světla, zvýší pokojovou teplotu atd.) - příchodové/odchodové funkce: po zadání kódu (nebo přečtení karty) na klávesnici - systém automaticky nastaví elektrické spotřebiče podle rozpoznání uživatele
Bezpečnost	<ul style="list-style-type: none"> - alarm s rozšířenými funkcemi je součástí systému - systém vybaven vlastní klávesnicí, která může být ovládána kódem nebo přístupovou kartou - veškeré nastavení a přístupy jsou zaheslovány v několika úrovních - ochrana domu při špatném počasí (žaluzie při silném větru nebo bouři), nečekaných událostech (poruchy v síti, přepětí, přetížení), živelných pohromách (senzor zatopení, kouřový senzor) - bioinstalace: vypnutí nepoužívaného elektrického okruhu (např. ložnice při spánku) - dotykové části senzorů jsou napájené bezpečným napětím 24 V (nebo jiným malým napětím)

Úspory	<ul style="list-style-type: none"> - součástí je regulace vytápění a/nebo klimatizace - časové nebo časově omezené spínání - regulace osvětlení (lze dosáhnout až 10 % úspor elektrické energie) - závislé spínání (např. při soumraku, při nastavené teplotě ...) - blokování vybraných spotřebičů při vysokém tarifu elektroměru - eliminace nechtěně zapnutých spotřebičů
---------------	--

2.7 Smart Grids

Pojem Smart Grids představuje koncepci provozování energetické soustavy s využitím buď již existujících, nebo v blízké budoucnosti dostupných technologií. Jinými slovy, jde o komplexní shrnutí dosavadního pohledu na výstavbu, provozování, správu a údržbu energetických sítí, zdrojů elektrické energie a míst její spotřeby. Sítě takto vytvořené se vyznačují vysokou mírou automatizace umožňující i vysokou míru dynamiky jejich provozu, včetně provozu připojených zdrojů i jednotlivých spotřebitelů. Taková řešení jsou, s ohledem na řadu vlivů, která na energetiku dneška i blízké budoucnosti působí a budou působit, nutnou podmínkou, aby se energetika mohla dále rozvíjet udržitelným způsobem a byla schopná stále plnit svoji očekávanou roli.

Do celku chytrých sítí jsou zahrnována také tzv. chytrá měřidla, což jsou klíčové komponenty konceptu Smart Metering a jeden z pilířů pro Smart Grids. Lze je chápat jako zařízení, která kromě primární funkce, zajištění přesného měření (fakturačního měření) vytvoří jakési rozhraní mezi chytrou sítí a chytrým odběratelem. Kromě detailního odečtu spotřebované elektrické energie, umožňujícího například rozsáhlejší variabilitu tarifů či lepší predikci spotřeby, nabídne takový elektroměr další funkce související s případnou regulací spotřeby podle předem zadaných kritérií, či omezení spotřeby na bezpečnostní minimum v případě nestandardních podmínek (např. živelné katastrofy, poruchy v sítích, systémové havárie a výpadky. [A.24, D.11]

Koncept Smart Grid byl od počátku, a to zejména v Evropě, chápán jako koncept, který umožní výrazné zvýšení podílu výroby elektrické energie z OZE – cíl, který byl prostřednictvím dané legislativy, jakýmsi politickým úkolem. V tomto rámci pak koncept přežil až do dnešní doby. Postupem času, kdy byl návrh dále rozvíjen a konkretizován, se míra jeho závislosti na realizaci cílů spojených s podporou OZE značně omezila, ale stále zůstává poměrně významná. Znamená to, že i když se nedá říci, že Smart Grid jsou tady jen kvůli OZE, nemůžeme ale současně říci, že bez Smart Grid bude možné naše závazky v tomto směru plynoucí z předpisů EU (politické cíle) splnit. [A.24]

2.7.1 Smart metering

V ČR je od 80. let 20. století využíván systém HDO (hromadné dálkové ovládání). Systém HDO slouží pro vyrovnávání denního diagramu zatížení – omezování špiček a je například nasazen u 1,1 mil. domácností na zásobovacím území ČEZ Distribuce (z celkových cca 3,5 mil.). Tímto systémem jsou vybaveny domácnosti, které používají elektrinu k topení a ohřevu teplé užitkové vody – pro tyto spotřebiče je nabízen zvýhodněný tarif. [A.25]

Smart metering představuje obousměrnou dálkovou komunikaci měřidla a datové centrály umožňující sběr dat, automatické vyhodnocení, řízení sítě, informování zákazníka o spotřebě, připojení a odpojení měřicího místa apod. Největší využití najde zejména u domácností a malých podnikatelů. Smart metering je pro budoucnost důležitý,

jelikož se v posledních letech několikrát v Evropě vyskytly jisté problémy se sítí a to zejména problémy s dodávkou elektrické energie. Hlavní impuls pro zavádění nových technologií byl black out v Itálii v roce 2003. Hlavní přínosy této technologie jsou kromě dokonalejšího řízení sítě také snížení obchodních - netechnických ztrát (neoprávněné odběry) a lepší nabídka produktů a služeb zákazníkovi.

2.7.2 Současný a budoucí stav Smart Grids v EU

V roce 2005 byla vytvořena vize pro rozvoj moderní elektrické sítě do roku 2020 a snaha tuto vizi také realizovat v jednotlivých zemích. Jedná se o platformu zprostředkovanou skupinou Smart Grids European Platform. Platforma sdružuje více než 200 expertů různých odvětví od energetických společností až po politické a akademické kruhy. Prvním úspěchem této skupiny je Strategický plán pro energetické technologie, který určuje energetické cíle v rámci EU do roku 2020. Dokument je zaměřen na podporu biopaliv, snižování CO₂ a také na oblast inteligentních sítí a možnosti skladování elektrické energie. Myšlenkou chytrých sítí je také integrace decentralizovaných zdrojů a zavádění efektivnějších koncových zařízení a systémů (např. palivové články). Investice do chytrých sítí se spotřebitelů dotkne tak, že bude třeba instalovat “energy boxy” v každém domě, které umožní zjednodušenou správu účtu za dodávku elektrické energie a domácnostem, které budou generovat elektřinu z OZE obousměrný tok elektřiny.

V novodobé koncepci sítí, která počítá s úspornými opatřeními a se zaměřením na snižování emisí a využitím OZE bude nutné vhodně přizpůsobit také distribuční síť. Smart Grids je bezpochyby uskutečnitelný způsob jak dosáhnout všech požadovaných cílů, ale je nutné podotknout, že jeho realizace nezávisí pouze na technickém stavu sítě, ale je úzce spjata i s jinými oblastmi. Mezi klíčové aspekty patří skladování energie a distribuované zdroje a je proto nutné v této oblasti provádět další intenzivní výzkum a vývoj. Velkou pozornost na sebe také poutají obslužná zařízení sítí, jejich standardizace, vlastní logika, systémy řízení sítí, a v neposlední řadě nastavení architektury vzájemné komunikace jednotlivých elementů. Pro podniky a domácnosti bude zavedena podpora pro zavedení distribuovaných zdrojů energie šetrných k životnímu prostředí. Bude nutné zavést nová pravidla a ceny dodávky a odběru elektrické energie s ohledem na čas. [D.12], [A.23]

Ministerstvo průmyslu a obchodu zpracovalo na základě úkolu uvedeného v návrhu Aktualizace státní energetické koncepce ČR (ASEK) Národní akční plán pro chytré sítě (NAP SG). Úkol souvisí s jednou z priorit ASEK týkající se koncepce rozvoje síťové infrastruktury pro zabezpečení spolehlivého a bezpečného provozu při požadovaném rozvoji distribuované výroby elektřiny (zejména OZE) včetně zapojení malých teplárenských zdrojů, řízení výroby, akumulace a spotřeby, s přihlédnutím k požadavku zvyšování energetické účinnosti.

Zavedení a využití inteligentních sítí bude v blízké budoucnosti nezbytnou součástí zajištění spolehlivého provozu elektrizační soustavy. Integraci velkého objemu výroby elektřiny z intermitentních zdrojů do ES ČR a očekávaný nárůst výroby také v malých zdrojích připojených do distribuční sítě nebude možné zvládnout bez zavedení nového způsobu řízení soustavy a inteligentních sítí. Využívání prostředí inteligentních sítí bude také nezbytné pro rozvoj trhu s elektřinou a pro jeho využívání aktivními spotřebiteli, a také spotřebiteli — výrobci. Spotřebitelům navíc poskytnou inteligentní síť technologickou podporu pro zvýšení účinnosti užití energie.

NAP SG předpokládá postupné zavedení inteligentních sítí a dalších opatření v několika etapách. Investice do inteligentních sítí jsou investicemi do infrastruktury a promítnou se do regulované složky ceny za elektřinu. Proto je potřeba přizpůsobit způsob a rychlost zavedení inteligentních sítí přínosům pro spotřebitele. NAP SG bere v úvahu nákladovou optimalizaci. Součástí NAP SG je ucelený návrh opatření, která zajistí přípravu a realizaci nutných změn optimálním způsobem, a harmonogram, kdy je nutné jednotlivá opatření realizovat. Vícenáklady na realizaci SG budou financovány prostřednictvím tarifů (platbami koncových zákazníků, odebírajících elektrickou energii) a případně prostřednictvím dotačních titulů OP PIK, čili bez dopadu do veřejných rozpočtů.

2.8 Internet věcí (IoT)

Internet věcí (Internet of Things, IoT) je nový trend v oblasti kontroly a komunikace předmětů běžného využití mezi sebou nebo s člověkem a to zejména prostřednictvím technologií bezdrátového přenosu dat a internetu. Nejdříve byly takto propojeny jen počítače a telefony, nyní se zapojují další a další zařízení. Znamená to, že konektivita je vyžadována u stále většího okruhu zařízení v domácnostech a v průmyslu. Odhady říkají, že do roku 2020 bude internetově propojeno až 50 miliard zařízení. [D.16, D.17]

Takto propojená zařízení umožní sběr velkého množství dat, která lze dále zpracovávat a využívat v nejrůznějších oblastech jako logistika, zdravotnictví, energetika, doprava, meteorologie atd. Dále se tato technologie uplatňuje v oboru inteligentních elektroinstalací čili „chytrých domech“. Internet věcí je umožněn mimo jiné díky miniaturizaci, snižování spotřeby a ceny čipů a bezdrátových technologií, které se tak mohou obejít bez velké baterie a komunikují spolu s velmi malou spotřebou.

Pojem „internet věcí“ je pouze zastřešující sousloví. Již dnes v praxi funguje nespočet zařízení jako dálkově ovládané spotřebiče (zásuvky, osvětlení), kamery, meteostanice či jednotlivé senzory. Prozatím však nespolutracují pod jednou technologií a společným protokolem.

Průmysl 4.0 je potom označení pro současný trend digitalizace a s ní související automatizace výroby. Podle této myšlenky vzniknou „chytré továrny“, které budou využívat autonomní kyberneticko-fyzikální systémy, které převzmou opakující se a jednoduché činnosti, které do té doby vykonávali lidé. Produkty i stroje dostanou čipy, pomocí nichž budou navzájem komunikovat a bude je díky nim možné vzdáleně kontrolovat či řídit.

V průmyslu 4.0, jehož základy tvoří *internet věcí*, se budou dále využívat tzv. cloudová úložiště, datová centra, strojové učení a umělá inteligence, automatické hlášení problémů ve výrobě nebo tzv. „chytré sklady“, které samy reagují na stav svých zásob a upravují jejich tok.

2.8.1 Smart city

Internet věcí najde uplatnění také v samotných chytrých městech. Snímání nejrůznějších veličin dopomůže k většímu komfortu, životní úrovni, úspoře energií a bezpečí. Níže jsou uvedeny možnosti využití IoT v rámci Smart city:

Infrastruktura

- inteligentní budovy
- kontrola vibrací konstrukcí

- energetický management
- zabezpečení objektů

Doprava

- telemetrie provozu (plynulost, monitoring dopravních nehod)
- inteligentní řízení dopravy včetně světelné signalizace
- sdílení dopravních prostředků
- lepší využití parkovacích míst, výběr parkovného
- MHD (monitoring vytiženosti a stavu vozidel, přesnější jízdní řády)

Životní prostředí

- sledování znečištění ovzduší
- optimalizace využití energií
- dohled a efektivní nakládání s odpady
- monitoring toku řek (prevence záplav a lepší zvládání období sucha)
- dohled nad městskou zelení (měření vlhkosti, efektivní zalévání) [D.16]

2.8.2 Inteligentní elektroinstalace v rámci IoT

Ať už si vyberete jakýkoli systém, dostanete vlastně takový malý internet věcí: všechny snímače a aktory jsou přes uzavřený protokol (ať už po drátech nebo bez nich) propojeny s centrální jednotkou s internetovou konektivitou.

Základní myšlenka IoT tu ale splněna není (každý prvek s přístupem na internet), přesto toho inteligentní elektroinstalace umožní poměrně hodně (ovládání topení včetně napojení na klimatizaci, tepelná čerpadla, využití rekuperace a další viz předchozí kapitoly). Je tedy možné říci, že inteligentní elektroinstalace jsou uzavřeným systémem, zárodkem IoT poplatným své době.

2.9 Současný stav v oblasti vědy a výzkumu

Systémovými elektroinstalacemi a možnostmi úspor se zabývá spousta vědeckých prací, periodik i odborných materiálů. Ve většině případů jde však pouze o dílčí souhrnné popisy nebo zaměření na jednoho výrobce, jeden ze způsobů úspor, pouze na počítačové sítě, elektronické prvky nebo zase naopak o velmi rozsáhlý přehled zahrnující nejen elektroinstalace a řešení související s elektrickou energií, ale i o konstrukčně-stavební část – tedy o velmi komplexní problematiku inteligentních budov (definice uvedena v [A.25]) zahrnující vícero specializací. Tímto se zabývá BIM (Building Information Modeling) neboli informační modelování budov, který umožňuje vytváření komplexního modelu objektu v rámci jedné aplikace.

Pro možnost výběru optimální elektroinstalace na základě předem definovaných požadavků a následné zpětné vazby byl předběžně proveden návrh v [A.26]. V této práci se jevílo vhodné použití multikriteriální analýzy (MCA), avšak po hlubším nastudování problému byla zvolena cesta znalostních systémů (proto se již tato dizertační práce nezabývá MCA a některé informační zdroje jsou uvedeny pouze v Seznamu použité literatury a není na ně odkazováno v textu).

Problematika této dizertační práce – využití znalostních, resp. expertních systémů pro hodnocení a výběr elektroinstalace se zpětnou vazbou o úsporách elektrické energie – je řešena jako taková poprvé.

Příklady konkrétních nejzajímavějších řešení v oblasti spojení znalostního inženýrství a elektrotechniky nebo elektroenergetiky jsou uvedeny v následujícím výčtu:

- Chen Liding a Zeng Ming z College of Automation Science and Engineering ze South China University of Technology v Číně se zabývají rozvojem softwarové platformy pro urychlení vývoje inteligentních budov. [A.5]
- Na univerzitě v Kuyushu se A. Kujuro a H. Yasuda věnují výzkumu funkčního vývoje inteligentních systémů budov k založení pokročilé společnosti. [C.3]
- S.K. Wong a A. Kalam z Victoria University of Technology v Austrálii ve svém výzkumu použili objektově orientované prostředí a znalostní bázi pro návrh chránění elektrizační soustavy v závislosti na konfiguraci systému. [A.4]
- Z. Z. Zhang z University of Hohai v Číně se zabýval přehledem výzkumu, vývoje a potenciálního budoucího využití aplikací expertních systémů v elektroenergetice (resp. v energetických soustavách). [A.12]
- Přehledem práce v oblasti použití expertních systémů a umělé inteligence v elektroenergetice se zabýval i Kit Po Wong z Department of Electrical and Electronic Engineering z University of Western Australia. [C.8]
- Možnost uplatnění expertních systémů v oblasti elektrických strojů a pohonů zkoumal G. Cross v [A.27].

Obecné problematice znalostních systémů se věnuje řada vědeckých časopisů např. Journal of Expert Systems a International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems.

Využití znalostních systémů v elektrotechnice je také řešeno některými tuzemskými autory a vědci.

- Doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D. ve své habilitační práci [A.20] řeší problematiku využití počítačových technologií z oblasti znalostního inženýrství a jejich aplikace v oboru osvětlovací technologií.
- Podobně řeší i doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D. ve své habilitační práci [A.28] problematiku návrhu energetických systémů pro moderní výstavbu s využitím podpory znalostních systémů. Práce [A.28] se zabývá zejména využitím alternativních zdrojů elektrické energie pro nízkoenergetické stavby.
- Publikace [A.25] od doc. Ing. Bohumíra Garlíka, CSc. se zaměřuje na komplexní návrh budov definovaný jako inteligentní budovy s využitím multioborových znalostí. V práci se zabývá zejména definováním pojmů kolem inteligentních budov, udržitelnou výstavbou, samotnou inteligencí těchto budov a multidisciplinárním pojetím návrhu inteligentní budovy.
- Ve své dizertační práci [A.38] zpracoval Ing. Michal Krbal, Ph.D. komplexní návod pro tvorbu databázového systému určeného pro světelnou techniku. Výsledkem této dizertační práce je databázový systém pro sběr, třídění, vyhledávání a sofistikované porovnání parametrů světelných zdrojů a svítidel.

Výše uvedené publikace mohou být nápomocné při řešení návrhu metodiky a expertního systému pro výběr elektroinstalace a s tím souvisejícími postupy.

Ještě zatím v žádném vědeckém článku není řešena samostatně problematika výběru optimální elektroinstalace za využití znalostních systémů na základě norem, technických možností a různých parametrů definovaných zájemcem o elektroinstalaci. V literatuře je vždy pouze nastíněn možný směr řešení či využití vhodných metod pro výběr elektroinstalace. Proto je tato oblast vhodná k otevření a zjištění možností praktického využití jako softwarové aplikace.

3 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Cílem předkládané práce by měla být komplexní analýza návrhu systémových elektroinstalací, jejich funkčních možností a souhrn možností umožňující maximální úsporu elektrické energie pro zadané požadavky. Další část práce by se měla zaměřovat na možnost využití znalostních systémů pro výběr optimální konfigurace elektroinstalace a jejich funkčních celků na základě vstupních kritérií, což je problematika, která se ve vědeckých kruzích řeší prozatím okrajově, i když v poslední době nabývá na aktuálnosti. Za hlavní cíle práce bylo stanoveno:

1. Analyzovat návrh systémových elektroinstalací.

Dílčím cílem v rámci analýzy byl rozbor základních principů, topologií a protokolů, specifických vlastností, porovnání systémových elektroinstalací oproti elektroinstalacím klasickým. Součástí této analýzy je i možnost využití, současný a budoucí stav tzv. Smart Grids a Smart Metering technologií.

2. Rozbor spotřeby elektrické energie.

Dílčí částí práce by mělo být provedení rozboru spotřeby elektrické energie v domácnostech, její predikce a uvedení možností úspor elektrické energie s užitím systémové instalace nebo i alternativních zdrojů elektrické energie. Zde by měly být uvedeny i základní normativní požadavky a nařízení, která se vztahují ke spotřebě elektrické energie v domácnostech jak v ČR, tak i v rámci EU.

3. Analýza znalostních systémů.

V této hlavní teoretické části bude cílem seznámení se znalostními systémy, ontologií, pojmem sémantický web a příklady vytvoření báze znalostí v oboru domovních elektroinstalací a souvisejícími systémy za pomoci různých prostředků, resp. prostředí a analýza možného využití expertních systémů pro výběr optimální elektroinstalace. Jedním z důležitých přínosů této práce bude souhrn dostupných možností znalostních, resp. expertních systémů a jejich využití v odvětví elektroinstalací.

4. Navrhnout způsob vytvoření znalostní báze pro výběr optimální varianty elektroinstalace a následné ekonomické hodnocení.

Úkolem této části bude vytvořit základ báze znalostí z oblasti systémové elektroinstalace na základě teoretického rozboru v úvodní části práce. Tento základ znalostní báze bude následně sloužit jako podklad pro možnost vytvoření znalostního systému pro výběr domovní elektroinstalace a její ekonomické hodnocení.

5. Představit možnost implementace znalostní báze z oblasti elektroinstalací pro rodinné domy do webového prostředí.

Cílem bude představení způsobu implementace znalostní báze do webového prostředí (klasického i sémantického), která pak může sloužit jako podklad pro tvorbu znalostního systému pro hodnocení jednotlivých variant elektroinstalace, tak i pro výběr nejvhodnější varianty na základě předem definovaných kritérií a ekonomické úspornosti.

4 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE, PREDIKCE A MOŽNOST JEJÍ ÚSPORY

4.1 Spotřeba elektrické energie

Změna klimatu a rostoucí nedostatek zdrojů je velmi diskutovaným tématem dnešní doby. Navíc, mnoho zemí po celém světě, je závislých na dovozu energií – v EU například, se dováží 50 % dnes spotřebovávané energie. Do roku 2030 by dovážené množství energie mělo dosáhnout 70 %. Efektivní a udržitelné využívání energie je proto naléhavou nutností – plně v souladu s mottem vytvořeným Evropskou komisí - "Méně je více". [D.6, D.11]

Vedle dopravy a průmyslu je dalším největším spotřebitelem energie provoz budov. Topení, chlazení a osvětlení obytných a nebytových budov spotřebuje v technologicky vyspělých státech přibližně 40 % veškeré energie, což je podíl, který vyžaduje velkou pozornost.

Na evropské úrovni byla v roce 2002 vydána směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/91/EC o energetické náročnosti budov, jejímž hlavním požadavkem je snížení spotřeby energie v budovách. Pro její implementaci byla vydána řada evropských norem, např. EN 15232 Energetická náročnost budov – Vliv automatizace, řízení a správy budov. V České republice byla směrnice implementována zákonem č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a vyhláškou č. 148/2007 o energetické náročnosti budov. Roku 2015 byl zákon č. 406/2000 Sb. novelizován zákonem 103/2015 Sb.

Tento novelizovaný zákon mimo jiné upravuje činnosti „energetických specialistů“, definuje nové podmínky pro získání pozice energetického specialisty, vč. převedení zkoušek a přezkoušení na Státní energetickou inspekci (SEI). Nově je definován pojem „poskytovatel energetických služeb“ a to včetně definice nového registru těchto fyzických a právnických osob vedený pod Ministerstvem průmyslu a obchodu (MPO).

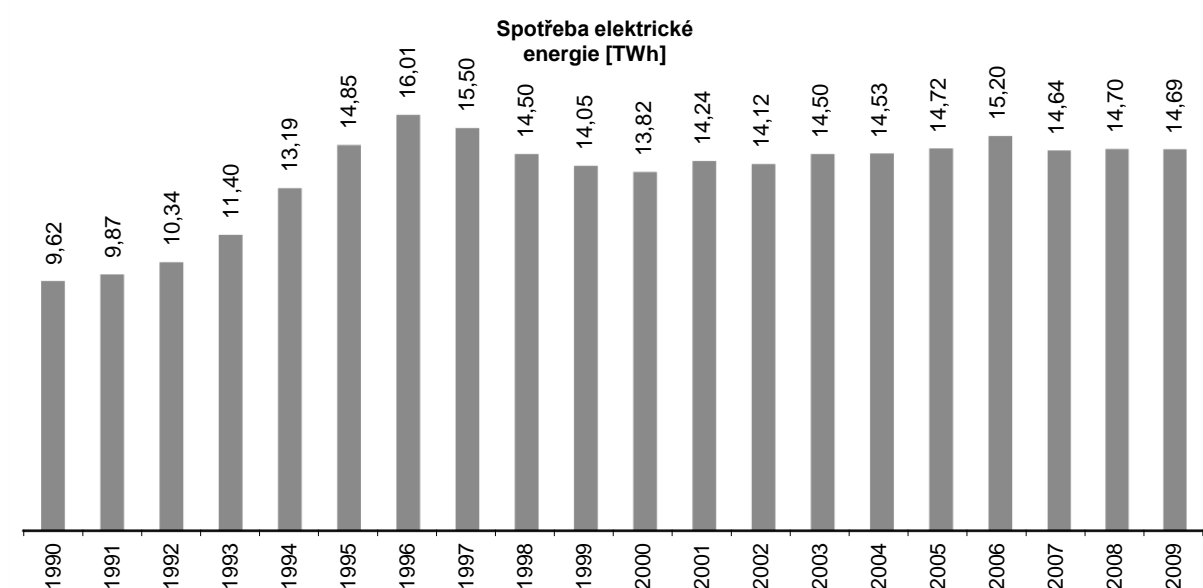
Novelizovaný zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií mimo jiné vyžaduje, aby splnění požadavků na energetickou náročnost budovy doložil stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek průkazem energetické náročnosti při:

- a) výstavbě nových budov,
- b) větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1 000 m², které ovlivňují jejich energetickou náročnost,
- c) prodeji nebo nájmu budov nebo jejich částí, jde-li o případy podle písmene a) nebo b)

Provozovatelé budov využívaných pro potřeby školství, zdravotnictví, kultury, obchodu, sportu, ubytovacích a stravovacích služeb, zákaznických středisek odvětví vodního hospodářství, energetiky, dopravy a telekomunikací a veřejné správy o celkové podlahové ploše nad 1 000 m² musí umístit průkaz na veřejně přístupném místě v budově. [B.5]

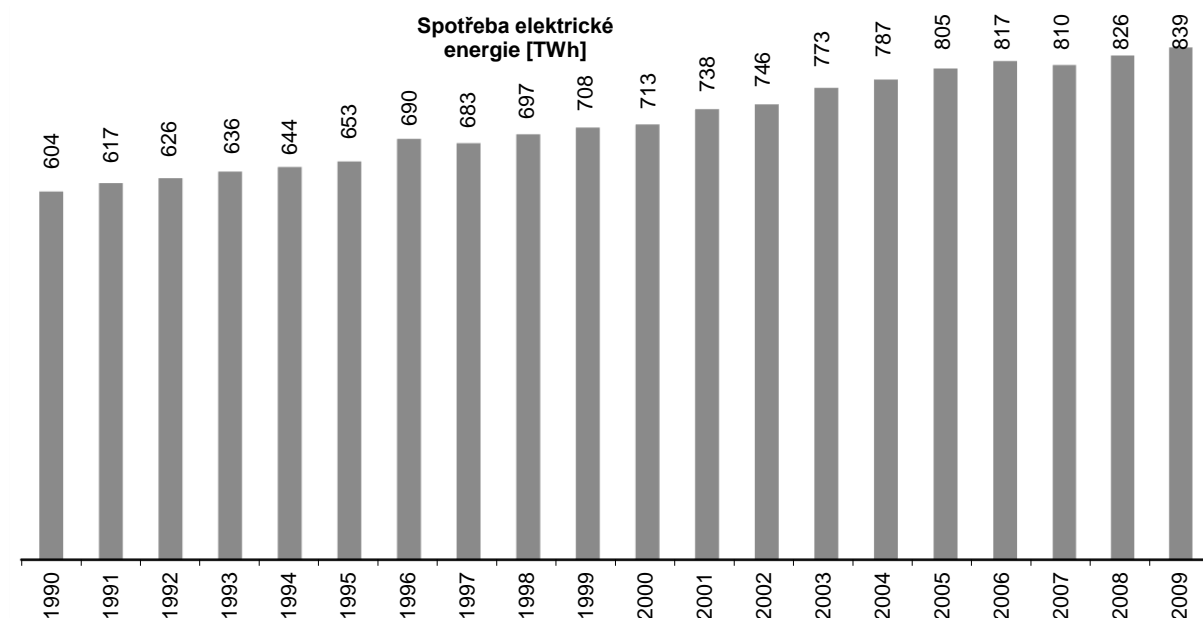
Dříve platilo, že nejvíce energie v domácnosti se spotřebuje na vytápění a na ohřev užitkové vody. To stále ještě ve většině případů platí, ale v posledních letech se rozdíl mezi spotřebou energie na vytápění a ohřev vody a spotřebou energie na provoz elektrických spotřebičů v domácnosti snižuje. Je to zčásti dáno tím, že nové nebo při rekonstrukci zateplené domy mají často poloviční nebo třetinové tepelné ztráty, zatímco účinnosti

domácích spotřebičů rostou jen pomalu a navíc spotřebičů v domácnostech stále ještě znatelně přibývá. Výsledkem je, že přibývá domácností, kde se za elektřinu na běžný provoz platí ročně téměř stejná suma peněz jako za vytápění. Rozbor zpracován z [A.8], [D.6] a [D.7].



Obr. 4-1 Spotřeba elektrické energie v ČR - domácnosti

Z grafu na Obr. 4-1 je vidět, jak spotřeba sleduje hospodářský vývoj. Je to dáno i tím, že s růstem příjmů roste i vybavenost domácností elektrospotřebiči a současně s tím i jejich spotřeba. Na Obr. 4-2 je patrné, že spotřeba elektrické energie domácností v EU má trvale rostoucí trend. Spotřeba domácností se vztahuje na všechny spotřeby elektřiny pro vytápění a ohřev vody, a všechny elektrické spotřebiče.



Obr. 4-2 Spotřeba elektrické energie v EU - domácnosti

Společné výzkumné centrum Evropské komise zveřejnilo studii, podle níž mezi lety 1999-2004 rostla spotřeba elektrické energie stejným tempem jako hospodářský růst. Tím je z větší části kompenzován efekt opatření přijatých na zvyšování energetické účinnosti.

V uvedeném období došlo k vzestupu spotřeby elektrické energie o 11 % v domácnostech, o 16 % v sektoru služeb a o necelých 10 % v průmyslu.

4.1.1 Spotřeba elektrické energie v domácnostech

Růst spotřeby v domácnostech lze vysvětlit jednak stále ještě rozsáhlým používáním starších neefektivních spotřebičů, ale také růstem počtu elektrických spotřebičů. Dnes má již řada domácností dvě až tři televize, chladničky a mrazničky a stále více se setkáváme se sušičkami na prádlo nebo klimatizací. Navíc roste i počet rodinných domů a velkých bytů (roste obytná plocha). Je zde zajímavý rozdíl mezi trendem spotřeby energie na vytápění a spotřebou energie na provoz domácích spotřebičů. V posledních letech došlo k poměrně výraznému zpřísnění norem pro tepelné vlastnosti budov a tedy i odpovídajícímu snížení spotřeby energie na vytápění nově postavených nebo rekonstruovaných domů. Spotřeba elektrické energie na běžný provoz v domácnostech naopak ale vzrostla.

Dle průměrných hodnot zdrojů [A.21], [A.22] a [D.8] je spotřeba elektrické energie v domácnosti členěna následovně:

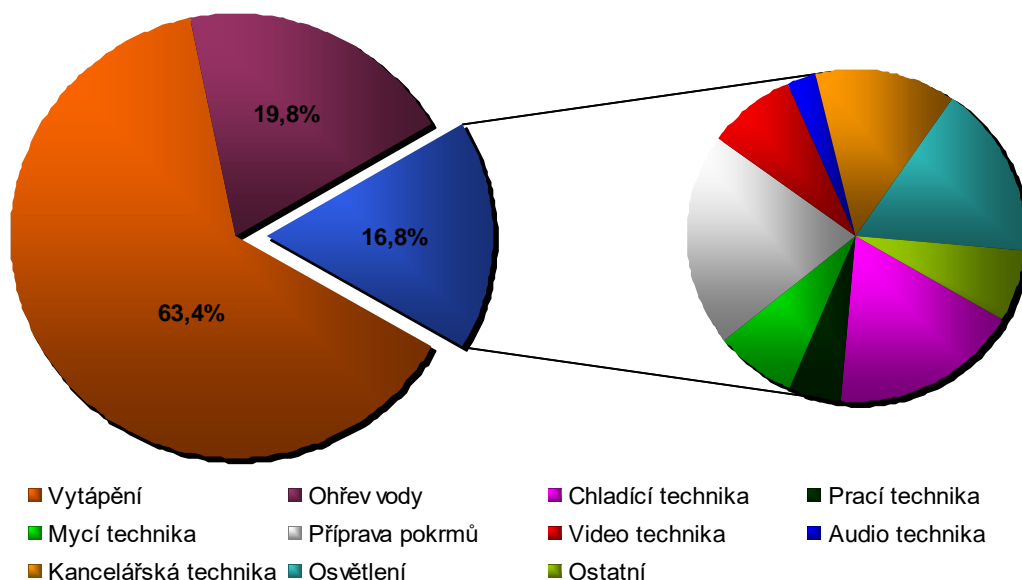
Tab. 4-1 Průměrné hodnoty spotřeby elektrické energie v domácnosti

Vytápění	Ohřev vody	Spotřeba elektrické energie – ostatní spotřebiče
63,4%	19,8%	16,8%

Tab. 4-2 Průměrné hodnoty spotřeby elektrické energie v domácnosti – ostatní spotřebiče

Chladicí technika	Prací technika	Mycí technika	Příprava pokrmů	Video technika	Audio technika	Kancelářská technika	Osvětlení	Ostatní
18,0%	5,2%	7,8%	20,7%	8,3%	2,8%	13,7%	16,6%	6,9%

Přehledné grafické vyjádření výše uvedených hodnot je uvedeno na Obr. 4-3.



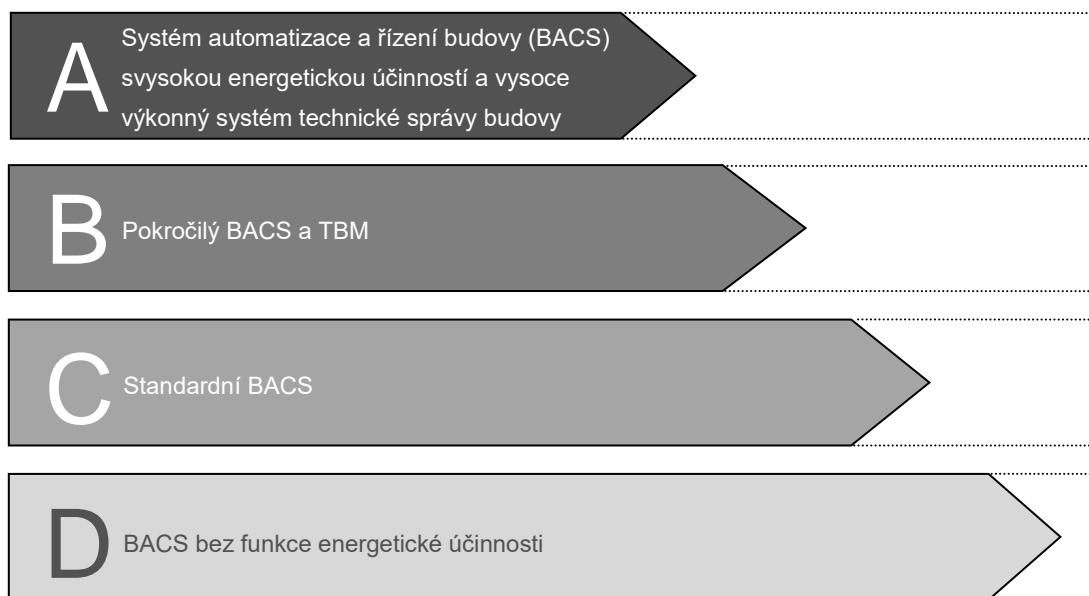
Obr. 4-3 Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnosti

4.2 Možnosti úspor elektrické energie

V roce 2010 byla schválena přepracovaná směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, která dále zpřísňuje požadavky na energetickou náročnost budov. Již od roku 2013 musí členské státy EU zajistit, aby nové budovy plnily minimální požadavky na energetickou náročnost budov. Také stávající budovy procházející větší rekonstrukcí budou muset tyto minimální požadavky plnit. Nejpozději od roku 2019 pak budou muset být všechny nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci budovami s téměř nulovou spotřebou energie. Nejpozději od roku 2021 se tento požadavek bude týkat všech nových budov. V České republice se však plánuje, že přísnějšími požadavky se nové budovy nebudou řídit až od roku 2019, resp. 2021. Bude zvoleno postupné zavádění do praxe, přičemž první vlna zpřísnění požadavků přijde pravděpodobně již v roce 2015. [D.6]

Při optimalizaci energetické účinnosti budov jsou možné různé koncepce a přístupy. V tomto kontextu, využití systémové elektroinstalace u budov poskytuje osvědčenou a zajímavou alternativu nebo doplněk, u kterého je možné porovnat poměr nákladů a výnosů. Energetické i finanční posouzení podobné investice je třeba provádět vždy individuálně pro příslušnou budovu. V kalkulaci energetických úspor hrají významnou roli faktory jako orientace budovy ke světovým stranám, velikost oken, barva vnitřního vybavení místností, chování lidí v budově a další. Od toho se odvíjí též finanční analýza investice, do níž výrazně promlouvá též použitý typ osvětlení nebo zdroj vytápění. [D.6]

O tom, zda v právě projektovaném komerčním a podobném objektu bude využita systémová elektrická instalace, lze rozhodnout zcela jednoduše v závislosti na tom, do které ze tříd energetické náročnosti podle Obr. 4-4 (v souladu se směrnicí 2010/31/EU) má být objekt zařazen.



Obr. 4-4 Energetická náročnost budov

Není totiž žádoucí stavět nové objekty nejen nedostatečně tepelně izolované, ale také nevybavené dokonalými řídicími systémy, zabezpečujícími velmi hospodárné řízení spotřeby energií, tedy maximálně zabraňujícími zbytečné spotřebě energie.

4.2.1 Energetická náročnost bytových objektů

Současný světový trend je charakterizován podporou energeticky účinných technologií. Evropská norma EN 15232 (Energetická náročnost budov – Vliv automatizace, řízení a správy budov) byla zpracována v úzké návaznosti na evropskou směrnici 2002/91/EC o energetické náročnosti budov. Norma uvádí metody pro vyhodnocení vlivu automatizace budov a technického řízení budov na energetickou spotřebu budov.

Za tímto účelem byly zavedeny čtyři třídy energetické účinnosti (A až D). Jakmile je budova vybavena systémy automatizace a řízení, je přiřazena k jedné z těchto tříd. Potenciální úspory tepelné a elektrické energie je možno vypočítat pro každou tuto třídu podle typu budovy a jejího účelu. Hodnoty energetické třídy C jsou pak využívány jako referenční hodnoty pro porovnání účinnosti.

V bytových objektech je nutné nejdříve co nejpodrobněji popsat činnosti všech funkcí použitých v budově a teprve poté lze rozhodnout, zda použít některý z řídicích systémů. Nejde přitom pouze o obvyklé funkce, mezi něž patří spínání a stmívání osvětlení, včetně vytváření scén, řízení vytápění, ventilace a klimatizace, včetně časových a jiných programů, řízení provozu stínící techniky, oken a dveří, spínání zásuvkových a jiných silových okruhů, ale také o spolupráci s mnoha dalšími oblastmi funkcí. O tom, o kolik různých, dosud většinou nezávisle projektovaných a používaných systémů může jít, si lze udělat alespoň přibližnou představu na základě těchto příkladů:

- elektronický systém zabezpečení budovy,
- elektronický požární systém,
- systém řízení audio- a videotechniky,
- řízení vzdálených přístupů,
- měření spotřeby elektrické energie, plynu, vody, tepla apod. a předávání měřených údajů k fakturaci,
- řízení výroby tepla pro vytápění nebo chlazení,
- provoz sauny a bazénová technologie,
- hospodaření s dešťovou vodou a zalévání zahrady,
- fotovoltaické a jiné zdroje elektrické energie, tepelná čerpadla,
- přístupové a docházkové systémy,
- kamerové systémy, domácí telefon a elektronický vrátný aj.

Čím větší náročnost na počty těchto oblastí funkcí je požadována, za předpokladu co nejjednoduššího ovládání a maximální efektivity při využití energie, tím výhodněji se jeví využití systémové instalace a dílčích systémů s možností plné komunikace na základě otevřených komunikačních protokolů (KNX, LON apod.).

Tab. 4-3 Seznam funkcí a přiřazení do tříd en. účinnosti (výťah z normy EN 15232)

	Řízení topení/chlazení	Řízení ventilace/ klimatizace	Osvětlení	Ochrana proti slunečnímu záření
A	<ul style="list-style-type: none"> - Individuální řízení jednotlivých místností s komunikací mezi kontroléry - Vnitřní měření teploty pro řízení teploty ve vodovodní distribuční síti - Úplné vzájemné blokování mezi řídicím systémem vytápění a chlazení 	<ul style="list-style-type: none"> - Řízení proudění vzduchu v místnostech v závislosti na požadavcích nebo přítomnosti osob - Nastavení teploty s kompenzací teploty dodávaného vzduchu - Řízení vlhkosti vstupujícího a vystupujícího vzduchu v místnosti 	<ul style="list-style-type: none"> - Automatické řízení denního světla - Automatická detekce přítomnosti osob, manuální zap./automatické vyp. - Automatická detekce přítomnosti, manuální zap./stmívání - Automatická detekce přítomnosti, automat. zap./automatické vyp. - Automatická detekce přítomnosti, automatické zap./stmívání 	<ul style="list-style-type: none"> - Kombinované řízení osvětlení/žaluzií/topení / větrání/klimatizace (HVAC)
B	<ul style="list-style-type: none"> - Individuální řízení jednotlivých místností s komunikací mezi kontroléry - Vnitřní měření teploty pro řízení teploty ve vodovodní distribuční síti - Částečné vzájemné blokování mezi řídicím systémem vytápění a chlazení (nezávisle na systému HVAC= topení, větrání, klimatizace) 	<ul style="list-style-type: none"> - Časově závislé řízení proudění vzduchu v jednotlivých místnostech - Nastavení teploty s kompenzací teploty dodávaného vzduchu - Řízení vlhkosti vstupujícího a vystupujícího vzduchu v místnosti 	<ul style="list-style-type: none"> - Manuální řízení denního světla - Automatická detekce přítomnosti osob, manuální zap./automatické vyp. - Automatická detekce přítomnosti, manuální zap./stmívání - Automatická detekce přítomnosti, - automat. zap./automatické vyp. - Automatická detekce přítomnosti, automatické zap./stmívání 	<ul style="list-style-type: none"> - Motorické ovládání s automatickým řízením žaluzií
C	<ul style="list-style-type: none"> - Individuální automatické řízení jednotlivých místností termostatickými ventily nebo elektronickým řídicím systémem - Kompenzované řízení teploty ve vodovodní distribuční síti podle venkovní teploty - Částečné vzájemné blokování mezi systémy řízení topení/chlazení (závisle na systému HVAC) 	<ul style="list-style-type: none"> - Časově závislé řízení proudění vzduchu v jednotlivých místnostech - Konstantní nastavení teploty vzduchu - Omezení vlhkosti vstupujícího vzduchu 	<ul style="list-style-type: none"> - Manuální řízení denního světla - Manuální spínač zap./vyp. + přídavný signál pro rychlé zhasnutí - Manuální spínač pro zapnutí/vypnutí 	<ul style="list-style-type: none"> - Motorické ovládání s manuálním ovládáním žaluzií
D	<ul style="list-style-type: none"> - Žádné automatické řízení - Žádné řízení teploty vody v distribuční síti - Žádné vzájemné blokování mezi systémem řízení vytápění/chlazení 	<ul style="list-style-type: none"> - Žádné řízení proudění vzduchu v jednotlivých místnostech - Žádné řízení teploty vstupujícího vzduchu - Žádné řízení vlhkosti vzduchu 	<ul style="list-style-type: none"> - Manuální řízení denního světla - Manuální spínač pro zapnutí/vypnutí +přídavný signál pro rychlé zhasnutí - Manuální spínač pro zapnutí/vypnutí 	<ul style="list-style-type: none"> - Manuální ovládání žaluzií

4.3 Potenciální úspory elektrické energie s využitím systémových elektroinstalací

Ústav budov a energetických systémů, který je součástí Univerzity aplikovaných přírodních věd v Biberachu a specializuje se na automatizaci budov, provedl v roce 2008 rešerši literatury na téma „Potenciál úspor energie s využitím moderních elektrických instalací“. Pod vedením Prof. Dr. Ing. Martina Beckera byly prostudovány hlavní literární zdroje, s výsledkem orientovaným na zjištění potenciálu úspor energie. Studie byla zadána Centrálním svazem elektrotechniky a elektronického průmyslu (ZVEI). [A.11]

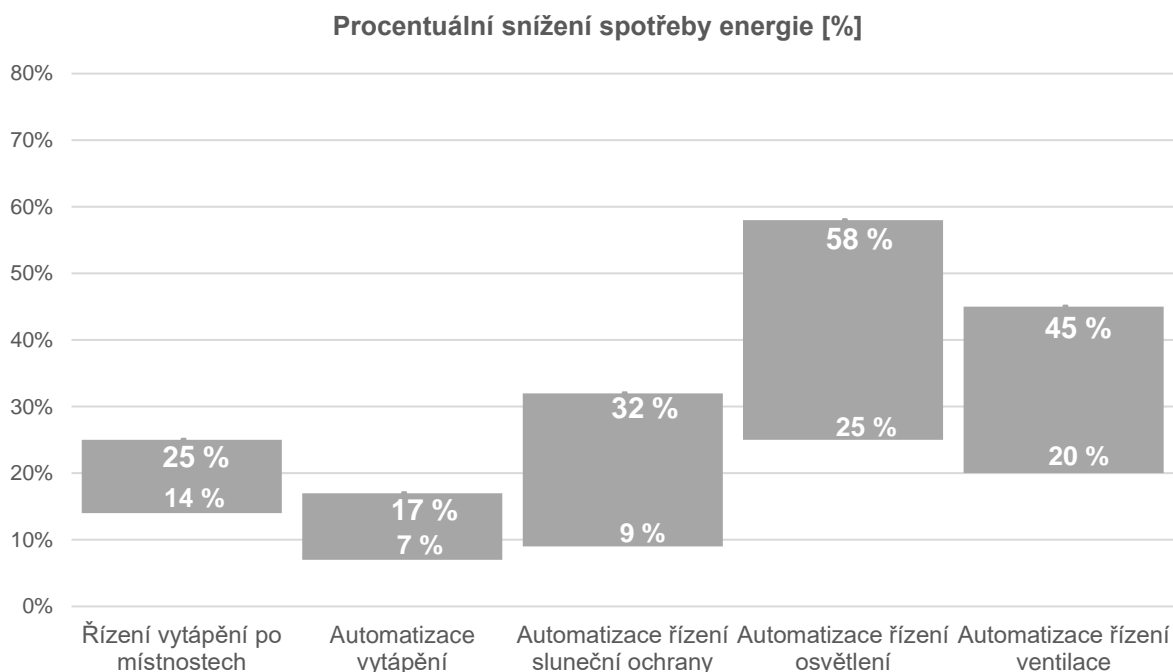
Široký rozptyl uváděných hodnot v určitých oblastech je možno připsat celé řadě faktorů – aplikacím zahrnujícím vícero funkcí, provoznímu charakteru příslušných zkoušek, rozdílu v definici různých funkcí atp. Přesto závěr výzkumu jasně prokazuje, že inteligentní řízení budov může významně přispět ke zvýšení energetické účinnosti budov.

Celkově se při realizaci opatření vedoucích k optimalizaci řízení technologií v budovách pohybují průměrné hodnoty energetických úspor v rozpětí 11 až 31 %.

Příslušné horní a spodní střední hodnoty snížení spotřeby energie, tak jak byly zaznamenány ve studii pro ZVEI, jsou uvedeny v následujícím grafu, Obr. 4-5.

Pojmem „optimalizace spotřeby energie v budovách“ se v zásadě rozumí:

- energie je spotřebovávána pouze v době, kdy je to skutečně nutné,
- je spotřebováno pouze aktuálně požadované množství energie,
- spotřebovaná energie je využita s nejvyšší účinností.



Obr. 4-5 Procentuální snížení spotřeby energie

4.3.1 Číselný ukazatel energie pro osvětlení (LENI)

Vzhledem k vysokému potenciálu úspor automatizací řízení osvětlení 25-58 % je nutné zmínit i tzv. ukazatel LENI.

Tento ukazatel je definován normou ČSN EN 15193 jako číselný ukazatel celkové roční energie pro osvětlení požadované v budově a uvedené v kWh.m⁻².rok⁻¹. Tento ukazatel lze dle normy využít i pro přímé porovnání energetické náročnosti osvětlení v budovách se stejným účelem ale rozdílnými rozměry a uspořádáním.

$$LENI = \frac{W}{A} \quad (\text{kWh.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}) \quad (4.1)$$

kde je

W celková roční spotřeba elektrické energie pro osvětlení v kWh.rok⁻¹

A celková využitelná podlahová plocha budovy v m². [B.3]

Celková roční spotřeba je odhadovaná roční spotřeba elektrické energie v budově na osvětlení pro normální osvětlení a roční ztrátová energie pokrývající spotřebu elektrické energie pro nabíjení nouzového osvětlení a pohotovostní režim řídicích systémů.

Vypočtená hodnota ukazatele LENI se pak porovná se směrnými hodnotami uvedenými v normě [B.3] pro typové prostory (viz příloha F této normy).

Úsporná opatření se navrhuje až po posouzení energetické náročnosti celého objektu. Pro komplexní hodnocení celkové energetické náročnosti budovy a zahrnutí dílčí spotřeby pro osvětlení do celkové energetické bilance (udávané obvykle v GJ.rok⁻¹) se zjištěná spotřeba elektrické energie pro osvětlení W [kWh.rok⁻¹] přepočítá na veličinu EP_{Light} [B.7] podle rovnice:

$$EP_{Light} = \frac{W}{277,8} \quad (\text{GJ.rok}^{-1}) \quad (4.2)$$

Spotřeba elektrické energie pro osvětlení je stanovena ze vztahu:

$$W = P_n \cdot t_0 \quad (\text{kWh.rok}^{-1}) \quad (4.3)$$

kde je

P_n celkový provozní příkon svítidel v kW

t₀ provozní doba v hod.rok⁻¹

Možnosti úsporných opatření lze pak hledat jak v příkonu P_n osvětlovací soustavy, tak v době t₀. Úsporná opatření mohou být proto zaměřena na následující oblasti:

- volba osvětlovací soustavy,
- volba technických prostředků,
- kontrola dimenzování osvětlovací soustavy,
- využití denního světla,
- kontrola přítomnosti osob,
- využití časových režimů.

K maximalizaci úspor se zde přímo vybízí využití systémové elektroinstalace s komplexně nastaveným řídicím systémem.

4.4 Integrace alternativních zdrojů energie

Dalším z úsporných opatření může být integrace alternativních zdrojů energie. Rodinné domy mohou být vybavovány jak alternativními zdroji energie, tak klasickými. Výkony, spotřeby a akumulace jsou řízeny pomocí řídicí jednotky (ŘJ), která je pomocí čidel a regulačních prvků napojena na veškeré zdroje elektrické energie, zdroje tepla, spotřebiče a akumulační kapacity. ŘJ vyhodnocuje a zaznamenává doručené signály z čidel a na základě těchto informací reguluje podle nastavených parametrů zdroje energie a spotřebiče.

Ve většině případů není rodinný dům vybaven pouze jedním zdrojem, ale jedná se o kombinaci více zdrojů, které se navzájem doplňují. Například klasickou kombinací zdrojů pro ohřev teplé vody je kombinace solárních panelů, tepelného čerpadla a klasického kotle. V tomto případě jsou solární panely voleny jako primární zdroj, jelikož vyrábějí teplo přibližně dvanáctkrát levněji než klasické kotle. V takovém případě řídicí systém v době kdy je to možné čerpá teplo pouze ze solárních panelů. V případě, že není dostupná solární energie, přepne ŘJ na odběr tepla z tepelného čerpadla, které by mělo být schopno pokrýt požadovanou spotřebu. Řídicí jednotka zapne kotel až při neobvykle vysokém odběru teplé vody či v případě extrémně nízkých venkovních teplotách.

Řídicí jednotka také řídí spotřebu tepla. Jedná se hlavně o regulaci topení v místnostech daného objektu nebo i např. o regulaci ohřevu vody v bazénu. V jednotlivých místnostech je nastavena požadovaná teplota a požadovaný čas, aby nedocházelo ke zbytečnému přetápění či podchlazování.

Obdobná situace je u volby zdrojů elektrické energie. V dnešní době jako klasický zdroj elektrické energie je volena malá fotovoltaická elektrárna umístěna na střeše. Tato instalace může být doplněna malou větrnou elektrárnou a popřípadě kogenerační jednotkou, která vyrábí zároveň elektřinu a teplo. Postupem času bude kladen čím dál větší důraz na vybavování rodinných domů malými zdroji energie.

Některé z prvků je možné řadit jak do skupiny zdrojů, tak i do skupiny spotřebičů. Například rekuperační jednotka je spotřebičem elektrické energie, ale výstupem je energie ve formě tepla, nebo klimatizační jednotka, která je brána jako spotřebič, ale vytváří chlad, čili je možné ji hodnotit i jako zdroj. Rozdělení je provedeno ve vztahu ke spotřebě či výrobě elektrické energie.

Tabulka (Tab. 4-4) shrnuje výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů, ke kterým je možno přihlížet při volbě energetického zdroje.

Tab. 4-4 Výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů pro RD [A.23]

Zdroj energie	Výhody	Nevýhody
Fotovoltaická elektrárna	<ul style="list-style-type: none"> - nízké provozní náklady - nenáročná obsluha - dlouhá životnost zařízení - šetrné k životnímu prostředí 	<ul style="list-style-type: none"> - kolísání výkonu v závislosti na slunečním záření - poměrně vysoké investiční náklady - při instalaci je nutné provádět úpravy v objektu - nelze použít jako jediný zdroj energie
Větrná elektrárna	<ul style="list-style-type: none"> - nízké provozní náklady - snadná instalace - šetrné k životnímu prostředí 	<ul style="list-style-type: none"> - nevypočitatelnost a nestálost dodávky energie - smysl výstavby jen v určitých lokalitách - nelze použít jako jediný zdroj energie

Malá vodní elektrárna	<ul style="list-style-type: none"> - použitelnost i na nejmenších průtocích - použitelnost pro výrobu elektrické energie nebo jako zahradní čerpadlo - šetrné k životnímu prostředí 	
Kogenerační jednotka	<ul style="list-style-type: none"> - využití odpadního tepla pro vytápění - lokální stabilní zdroje elektrické energie a tepla - rychlé starty - možnost ostrovního provozu s možností regulace výkonu 	<ul style="list-style-type: none"> - vysoké investiční náklady - finanční návratnost je závislá na využití tepla a elektrické energie - náklady na revize
Palivové články	<ul style="list-style-type: none"> - tichý chod - minimální údržba a obsluha - schopnost snášet i značná přetížení - nízké emise škodlivin 	<ul style="list-style-type: none"> - velké investiční náklady a drahá paliva - nízké SS napětí jednoho článku - delší doba uvedení do provozu (i několik minut)
Tepelné čerpadlo	<ul style="list-style-type: none"> - několikanásobně více dodané energie než spotřebované elektrické energie - automatický provoz s dobrou regulací - snadno dostupná energie - vhodný provoz z pohledu ekologie - nízké požadavky na příkon v porovnání s běžným vytápěním - možnost využití výhodnějšího tarifu elektřiny 	<ul style="list-style-type: none"> - vysoké investiční náklady - nutnost nízké teploty otopné soustavy - systém země - voda vyžaduje velkou plochu pro kolektory - systém voda - voda vyžaduje vydatný pramen a chemickou analýzu vody - systém vzduch - voda dosahuje nižších hodnot provozního faktoru
Kotel na biomasu	<ul style="list-style-type: none"> - vysoká účinnost - příznivé náklady (investiční i provozní) - možnosti dotace - nízký obsah popelovin a škodlivých látek 	<ul style="list-style-type: none"> - nároky na skladování paliva - manipulace s palivem a popelem - náklady na přepravu paliva
Elektrokotel	<ul style="list-style-type: none"> - nízké pořizovací náklady - vysoká účinnost kotle 	<ul style="list-style-type: none"> - vysoké investiční náklady

4.5 Akumulace elektrické energie

S vyšším využíváním obnovitelných zdrojů se začalo více mluvit o akumulaci elektrické energie. Je to hlavně z důvodů, že energie získána z obnovitelných zdrojů je závislá na podmínkách, které člověk nemůže ovlivnit. A proto se v posledních letech, s rozvojem využití obnovitelných zdrojů lidé začali více zabývat otázkou, jak co nejvýhodněji uložit energii.

Pojem akumulace elektrické energie lze přeložit jako hromadění či zásoba elektrické energie nebo jako uchování energie pro její pozdější využití ve vhodné kvalitě a kvantitě. V současné době je nejrozšířenějším akumulačním médiem olověný akumulátor. Akumulační systémy jsou z hlediska výroby a spotřeby elektrické energie nezastupitelné. Elektřina je komodita z principu velice problematická a jakékoliv snahy o její distribuci naráží na problém okamžité poptávky a nabídky. Akumulátory, respektive skladiště energie, jsou v současné době stále ve vývoji. [A.29]

Problematika akumulace je v současné době skloňována především s řešením v oblasti eliminace diskontinuity dodávky elektrické energie z obnovitelných zdrojů a vychází z principů jednotlivých alternativních zdrojů energie a z problémů spojenými s časově proměnlivým výkonem těchto zdrojů. V současné době je tedy akumulace důležitá ze dvou důvodů:

- optimálně začlenit OZE do sítě,
- připravit se na tzv. chytré sítě (Smart Grids).

Tab. 4-5 Zařízení pro akumulaci elektrické energie

Forma ukládání	Zařízení pro akumulaci	Základní vlastnosti
Mechanická	Setrvačníky	<ul style="list-style-type: none"> - princip uchovávání kinetické energie - jednoduchost a mnohostranné použití - v budoucnu možnost nahrazení starších typů baterií NiCd - vysoká účinnost až 90 %
	PVE	<ul style="list-style-type: none"> - využití potenciální tlakové energie - možnost dlouhodobého uložení energie - účinnost obvykle až 80 % (u nových zdrojů)
	CAES (AA-CAES)	<ul style="list-style-type: none"> - akumulace energie prostřednictvím stlačeného vzduchu - možnost akumulace velkého množství energie - účinnost systému 60-75 %
Elektrochemická	Průtokové baterie	<ul style="list-style-type: none"> - poměrně nová technologie - princip nabíjení obdobně jako u konvenční baterie, ale skladování je prostřednictvím tekutého elektrolytu - typy průtokových baterií – VRB, ZnBr, PSB (Br/S)
	Akumulátory	<ul style="list-style-type: none"> - sekundární galvanický článek (elektrody + elektrolyt) - možnost využití gelového elektrolytu (bezpečnější a pohodlnější pro obsluhu a údržbu) - možnost bezúdržbových akumulátorů - možnost ochrany proti vznikajícím plynům při přebíjení (baterie řízené ventily) - druhy baterií – olovené (elektrolyt kyselina sírová), Sodium-Sulfur (NaS), lithiové, NiCd
	Palivové články	<ul style="list-style-type: none"> - metoda založená na vodíkovém hospodářství (vodíko-kyslíkové konverzi) - účinnost zpětné konverze na elektrickou energii cca 30 % - skladování vodíku ve velkých objemech je dosud problematické (atomy vodíku jsou velmi malé a lehké) - celá soustava obsahuje minimální množství rotujících částí - ekologicky přívětivé - bezemisní
	Biopaliva	<ul style="list-style-type: none"> - využití cíleně pěstovaných rostlin ve sklenících s vhodným udržováním klimatu lze chápat jako jistý způsob zachování energie
	Syntetické (syntézní) kapaliny a plyny	<ul style="list-style-type: none"> - pomocí elektrické energie lze z CO₂ a vody získat metanol - nová a v budoucnu pravděpodobně využitelná metoda
Tepelná	Metoda Ruths	<ul style="list-style-type: none"> - akumulace elektrické energie ve formě tepla do tepelné kapacity látek - vysoká míra efektivity a akumulací kapacity
	Látky se změnou skupenství	<ul style="list-style-type: none"> - vhodné pro akumulaci tepelné energie v rozsahu jejich teplot tání (látek se změnou skupenství)
	Přírodní látky	<ul style="list-style-type: none"> - využití pro akumulaci tepelné energie
Elektrická	Superkapacitory	<ul style="list-style-type: none"> - nový velkoobjemový systém akumulace energie - vysoká hustota energie (řádově 10 Wh/kg) - účinnost až 95 % a delší životnost než konvenční baterie
	Supravodivá technologie	<ul style="list-style-type: none"> - ukládání energie do magnetického pole (stále ve vývoji)

4.6 Predikce spotřeby elektrické energie

Predikce spotřeby elektřiny je vytvářena odděleně pro dvě sféry spotřeby: výrobní sféru a sféru domácností. První se odráží od predikcí ekonomického vývoje na makroekonomické úrovni, druhá využívá demografických projekcí, zejména projekcí počtu domácností.

4.6.1 Spotřeba výrobní sféry

Spotřeba výrobního sektoru je určena výkonností ekonomiky a elektroenergetickou náročností (EEN). Pro predikce spotřeby výrobní sféry je možno vymezit několik předpokladů vývoje:

- podíl sektoru služeb na produkci HPH se bude v dlouhodobém časovém horizontu mírně zvyšovat, což bude působit na snižování EEN,
- je očekávána další technickoekonomicky, potažmo ekologicky, zdůvodněná obnova technologií za energeticky efektivnější,
- dlouhodobě není očekávána výraznější změna struktury tvorby HPH, a tedy i spotřeby elektřiny výrobní sféry,
- pro krátkodobý horizont, pro rok 2016, predikce počítá s mírným navýšením elektroenergetické náročnosti tvorby HPH, související s mírně rostoucím hospodářstvím. V dalších letech je tedy očekáván návrat k tendenci snižování EEN.

4.6.2 Spotřeba sféry domácností

Aktuální předpoklady, relevantní přímo pro predikce spotřeby elektřiny maloodběru obyvatelstva – domácností, je možné shrnout do následujících několika bodů:

- spotřeba elektřiny jedné domácnosti bude v dlouhodobém horizontu narůstat přibližně na průměrnou úroveň zemí E27,
- predikce předpokládají výrazné úspory energie na vytápění, související se snižováním energetické náročnosti budov,
- předpoklad úspor souvisejících se změnou využívání – mírné snížení nároku na využití,
- v predikcích je dále zahrnut předpoklad úspor souvisejících s kontinuální obnovou elektrických spotřebičů, resp. navyšováním jejich energetické účinnosti,
- množství a využití elektrických spotřebičů v domácnostech nadále a trvale poroste, což bude mít za následek zvyšování spotřeby nejen v subsektoru ostatní spotřeby, ale i celkově.

Mezi roky 2009 a 2040 předpokládá predikce dle referenčního scénáře následující úspory spotřeby elektřiny:

- subsektor elektrického vytápění – pokles měrné spotřeby o 22 %,
- subsektor ohřevu TUV – pokles měrné spotřeby o 18 %,
- subsektor ostatní spotřeby – pokles energetické náročnosti o 7 %, celková měrná spotřeba vzroste o 29 %.

4.6.3 Predikce vývoje tuzemské netto spotřeby elektřiny

I přes významné úspory a zefektivnění využití bude dlouhodobě podíl elektřiny na hrubé konečné spotřebě dále narůstat, což je způsobeno výsadním postavením elektřiny mezi ostatními hromadně distribuovanými formami energie (všeuzitečná nejušlechtlejší forma s nízkou substituovatelností).

Potenciál úspor spotřeby elektřiny byl do značné míry vyčerpán, protože četná úsporná opatření byla již k roku 2013 provedena (zejména zateplování budov, zvyšování účinnosti řízení a přeměny, výměna inkandescenčních světelných zdrojů za úspornější). Těžko předvídatelný je dopad implementace Směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti, jejíž požadavky jsou v rozporu s tržně akceptovatelnými způsoby dosahování úspor. Předložené predikce (Obr. 4-6, Tab. 4-6) předpokládají velmi výrazné úspory, které budou pravděpodobně nad požadavky směrnice.

Predikce tuzemské netto spotřeby elektřiny je součtem obou dílčích predikcí: pro výrobní sféru a pro sféru domácností. Výsledné hodnoty uvedené v energetickém členění, odpovídajícím rozdělení odběrných míst do tří kategorií: VO – velkoodběr (což je odběr výhradně z napěťových hladin vn a vvn), MOP – maloodběr podnikatelský a MOO – maloodběr obyvatelstva – zde myšleno jako spotřeba domácností. Na základě údajů uvedených v [D.6] je v Tab. 4-6 zpracována referenční varianta vývoje spotřeby elektrické energie pro domácnosti (MOO).

Tab. 4-6 Vývoj spotřeby elektrické energie [GWh] – referenční scénář

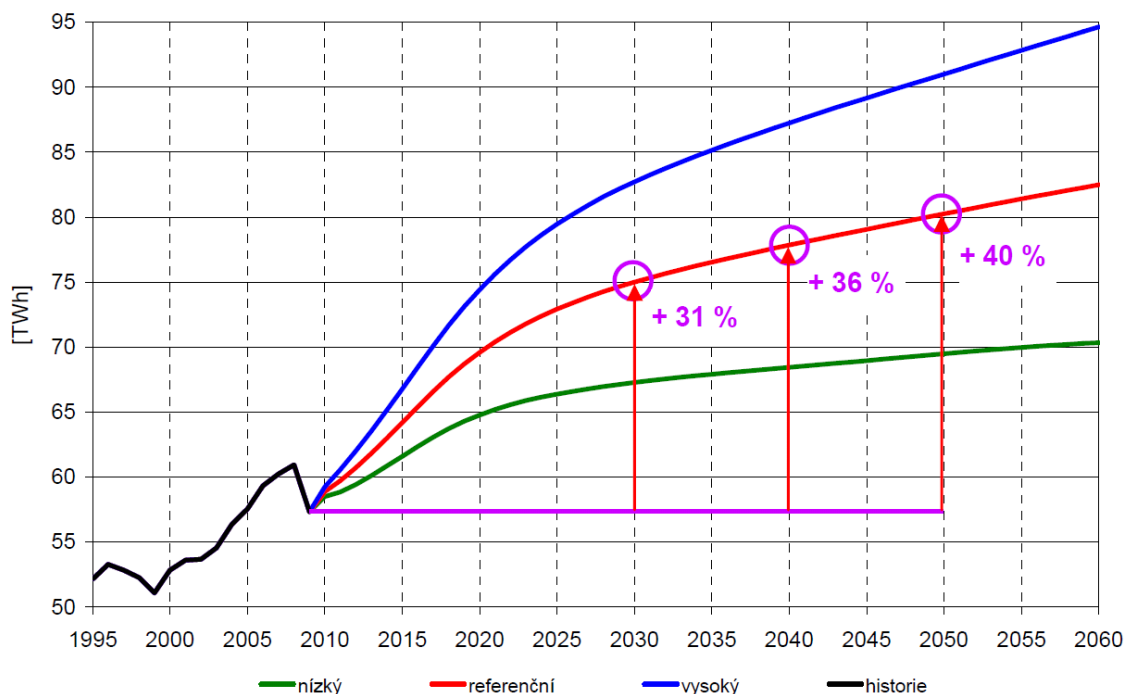
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2030	2040
VO	35547	36059	36566	37177	37963	38788	42461	45752	47249
MO	23319	23649	24144	24636	25018	25393	27131	29245	30593
- MOP	8 375	8 525	8840	9165	9377	9597	10571	11543	12027
- MOO	14944	15124	15304	15472	15640	15796	16560	17702	18566
Tuzemská netto spotřeba	58866	59708	60710	61813	62981	64182	69592	74997	77842
Ztráty	4666	4729	4806	4890	4979	5070	5477	5854	6028
- ztráty PS	747	758	770	783	796	810	872	927	949
- ztráty DS	3919	3972	4035	4107	4182	4260	4605	4928	5079
TNS včetně ztrát	63531	64437	65516	66703	67960	69252	75069	80851	83870

V souladu s uvedenými údaji je možno konstatovat několik charakteristik předkládaných predikcí spotřeby tuzemské netto spotřeby:

- referenční scénář předpokládá v roce 2040 hodnotu tuzemské spotřeby ve výši 77,8 TWh s pásmem $\pm 9,4$ TWh,
- scénáře předpokládají nárůst tuzemské netto spotřeby do roku 2040 o 19 % (nízký), 36 % (referenční) a 52 % (vysoký) vzhledem k hodnotě roku 2009. [D.6]

Referenční varianta ukazuje možný budoucí rozvoj ES ČR navržený především s důrazem na dostatečně vyvážený mix energetických zdrojů, s důrazem na vyhovující provozovatelnost ES, a také s ohledem na přiměřenou energetickou soběstačnost státu. Při řešení je uplatněna referenční varianta spotřeby elektřiny. Cena povolenky se předpokládá ve výši 4 až 10 EUR/t CO₂ do roku 2020, od roku 2021 30 EUR/t a od roku 2030 40 EUR/t. Varianta počítá s využitím zásob uhlí za limity jen z lomu Bílina, na lomu ČSA se předpokládá zachování limitů. V návaznosti na tyto hlavní vstupní předpoklady je tak uvažováno se zprovozněním nových bloků v jaderné elektrárně Temelín (JETE) v letech 2026

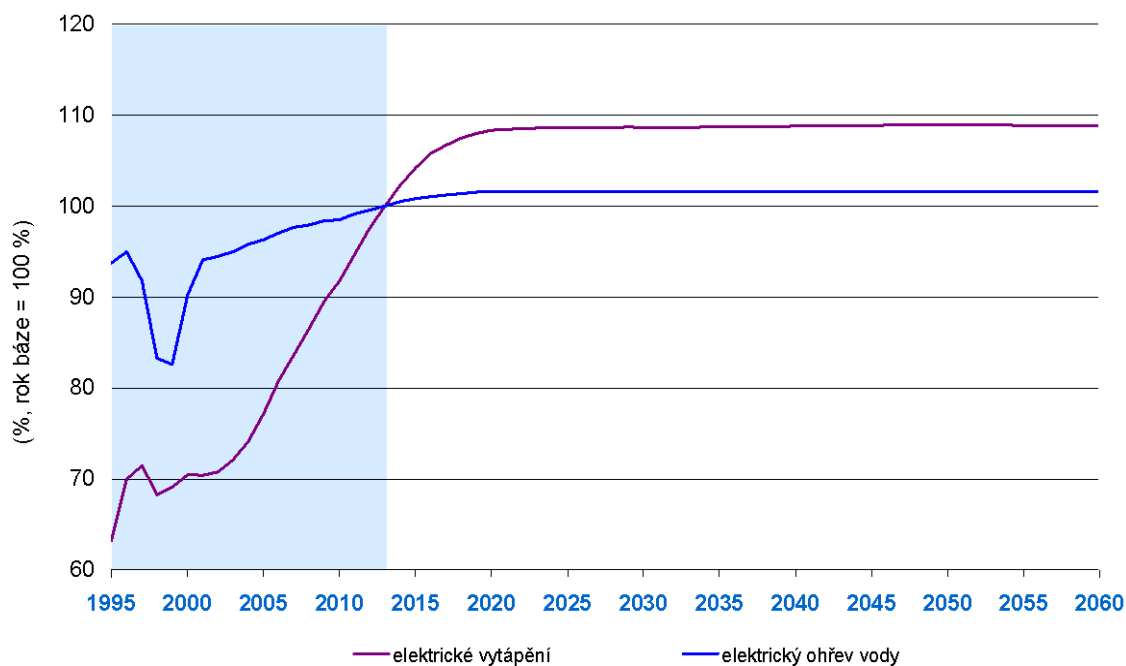
a 2028 a s novým hnědouhelným blokem v Počeradech jako náhradou za stávající zdroj v této lokalitě. Zahrnut je dále jak mírný rozvoj rozptýlené lokální výroby, tak i rozvoj obnovitelných zdrojů adekvátní podmínkám ČR a potřebný pro splnění požadavků EU. Uvažuje se s instalací mikrokogeneračních jednotek na 5 % odběrných míst elektřiny. Předpokládá se také, že v určité míře dojde k přechodu spalování hnědého uhlí na jiná paliva.



Obr. 4-6 Predikce tuzemské netto spotřeby elektrické energie

4.6.4 Predikce vývoje tuzemské spotřeby elektřiny domácností

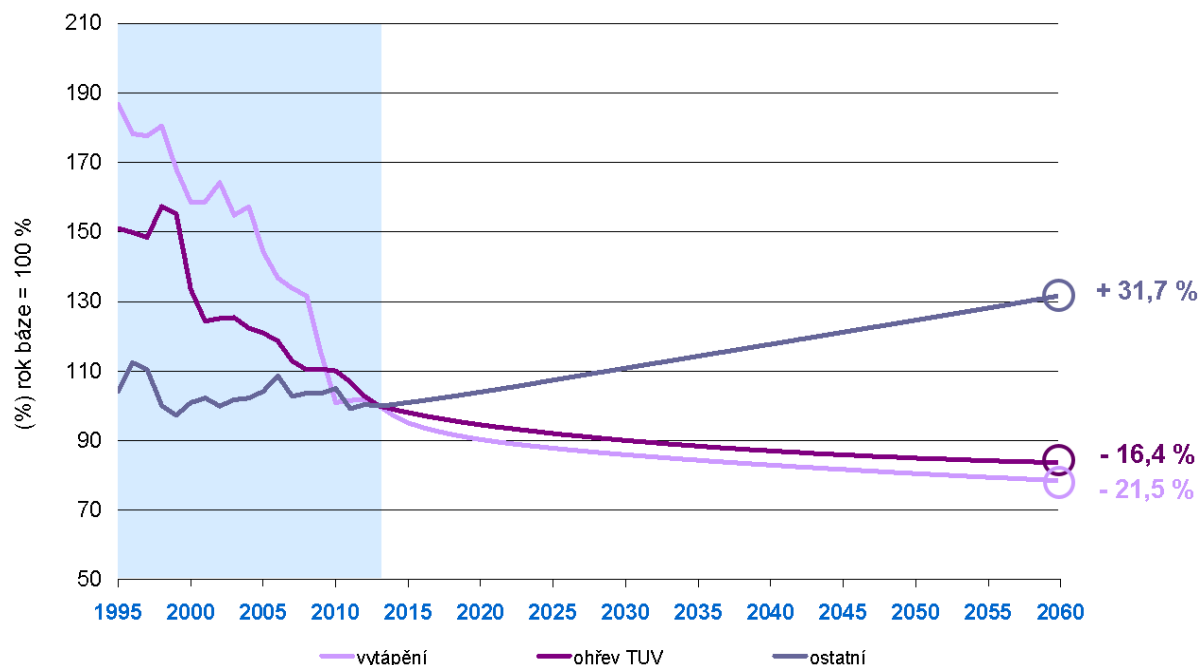
Predikce spotřeby elektřiny v ČR vychází především z prognóz makroekonomického a demografického vývoje a respektuje vlivy očekávaných úspor. Použitá predikce je ze září 2014 a byla zpracována ve třech variantách rozvoje (Nízká, Referenční, Vysoká). [D.6]



Obr. 4-7 Vybavenost sektoru MOO – historie a predikce (% , rok 2013=100 %)

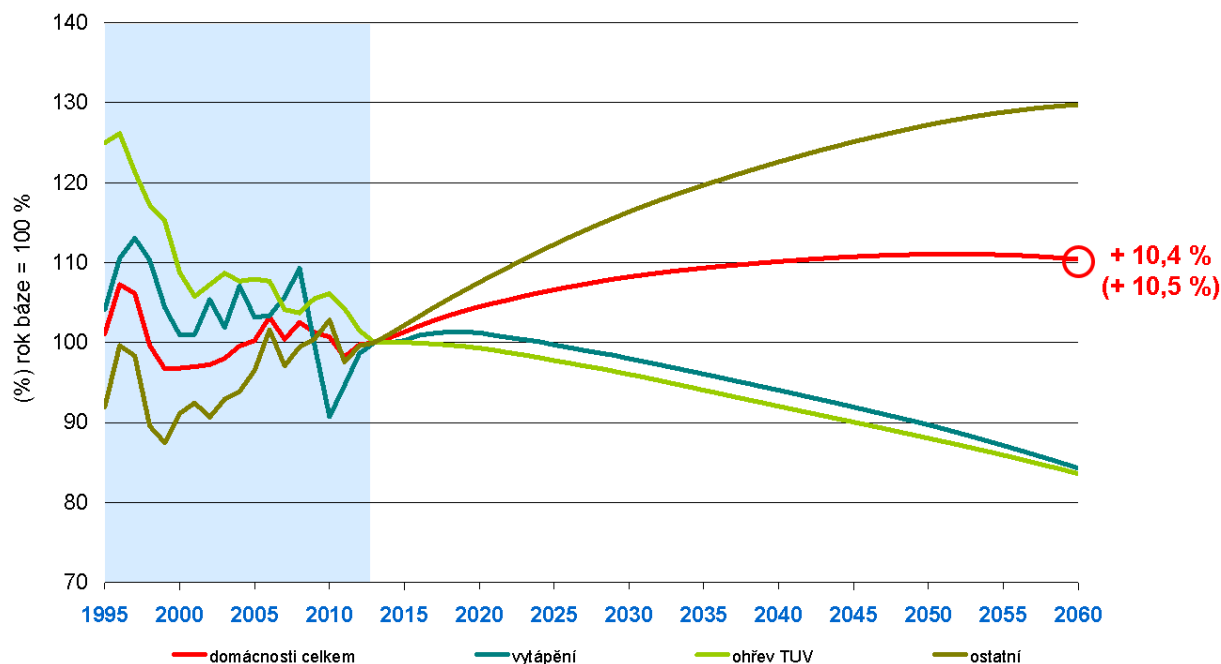
V krátkodobém a střednědobém horizontu se predikuje dle Obr. 4-7 nárůst využití elektřiny zejména pro vytápění (vliv nastavení tarifní politiky), ale i pro ohřev TUV.

Dle zdrojů [A.11], [A.21], [A.22] a [D.6] dojde v krátkodobém a střednědobém horizontu ke snižování měrné spotřeby pro vytápění a ohřev TUV, navyšování pro ostatní spotřebu (při zahrnutí předpokladu navyšování efektivity) a k mírnému navyšování vybavenosti vytápěním a ohřevem TUV.



Obr. 4-8 Měrná spotřeba subsektorů MOO – historie a predikce (% , rok 2013=100 %)

Na základě výše uvedených předpokladů a dat je predikována spotřeba maloodběr obyvatelstva a subsektorů až do roku 2060 následovně:



Obr. 4-9 Spotřeba MOO a jejich subsektorů – historie a predikce (% , rok 2013=100 %)

Spotřeba elektřiny v sektoru maloodběru obyvatelstva se bude v dlouhodobém horizontu pozvolna přibližovat průměrné úrovni spotřeby v zemích EU28. Do roku 2050 činí nárůst 1,5 TWh, tedy 10 % spotřeby roku 2014. Stagnace v dlouhodobém horizontu reflektuje očekávaný pokles počtu obyvatel po roce 2020. V domácnostech nadále poroste množství i využití elektrických spotřebičů, a zároveň poroste jejich účinnost. Očekávány jsou další výrazné úspory energie na vytápění. Mezi roky 2013 a 2040 je očekáváno navýšení spotřeby domácností (MOO) o 10,4 %. [D.6]

5 ZNALOSTNÍ SYSTÉMY

5.1 Znalostní systémy a jejich možnost využití pro výběr optimální elektroinstalace

V průběhu zpracování problematiky k dizertační práci byla původně zvolena multikriteriální analýza díky svým vlastnostem, především v oblasti ekonomického hodnocení, jako prostředek pro výběr optimální varianty elektroinstalace. Při zkoumání jiných možností pro výběr elektroinstalace za pomoci softwarového nástroje, který by byl vybaven jak technickými znalostmi, tak základními parametry, podmínkami a dalšími, se přímo nabízí využití tzv. znalostních systémů. Proto bude většina řešené problematiky v této práci zaměřena na využití znalostních, resp. expertních systémů pro vytvoření softwarového nástroje, který by sloužil jako uživatelské rozhraní pro výběr domovní elektroinstalace na základě předem daných parametrů, podmínek a znalostí.

Softwarový nástroj založený na expertním systému by měl zároveň sloužit jako prostředek pro zpětné zhodnocení vzhledem k menší množině nastavených parametrů – např. spotřeba elektrické energie, cena, komfort atd.

Využití znalostních systémů začíná být v dnešní době v oblasti elektrotechniky čím dál častějším jevem. Zvláštní podskupinu, kterou je vhodné využít v našem případě, tzn. výběr domovních elektroinstalací na základě předem definovaných parametrů a báze znalostí spojených se systémovými elektroinstalacemi, úsporami elektrické energie, skupinami elektroinstalace dle normy ČSN EN 15232 a dalšími, je skupina znalostních systémů označovaná jako systémy expertní.

Expertními systémy se označuje skupina znalostních systémů používaná na řešení odborných problémů postupy vyžadujícími na rozdíl od všeobecných především specifické znalosti.

Aby bylo možné se v oblasti domovních elektroinstalací orientovat z hlediska praktické využitelnosti v procesu investiční výstavby, kam návrh takové elektroinstalace patří a následně vytvořit nebo aspoň částečně navrhnout znalostní bázi pro domovní elektroinstalace, je potřeba uvést a definovat pojmy z oblasti výstavby a projektování staveb.

5.2 Výstavba a projektování

Stavba se definuje jako hmotný objekt spojený s pozemkem a tento objekt je výsledkem sledu činností. Sled činností od úvodního záměru až po začátek užívání je nazýván výstavbou nebo také investičním projektem, zkráceně projektem.

5.2.1 Typy staveb

Stavby je možno dělit z mnoha hledisek. Jedním z nich je účel stavby.

- Bytové stavby – obytné a rodinné domy pro jednu nebo více rodin, kde rozhodující je funkce bydlení.
- Občanské stavby – administrativní budovy, nákupní centra, hotely, školy, budovy institucí, rekreační areály, atd.
- Inženýrské stavby – mosty, tunely, inženýrské sítě.

- Technologické stavby – stavby, kde rozhodující je technologický proces, např. elektrárny, cementárny, chemické jednotky, závody na výrobu strojů, zařízení atd.

5.2.2 Proces výstavby

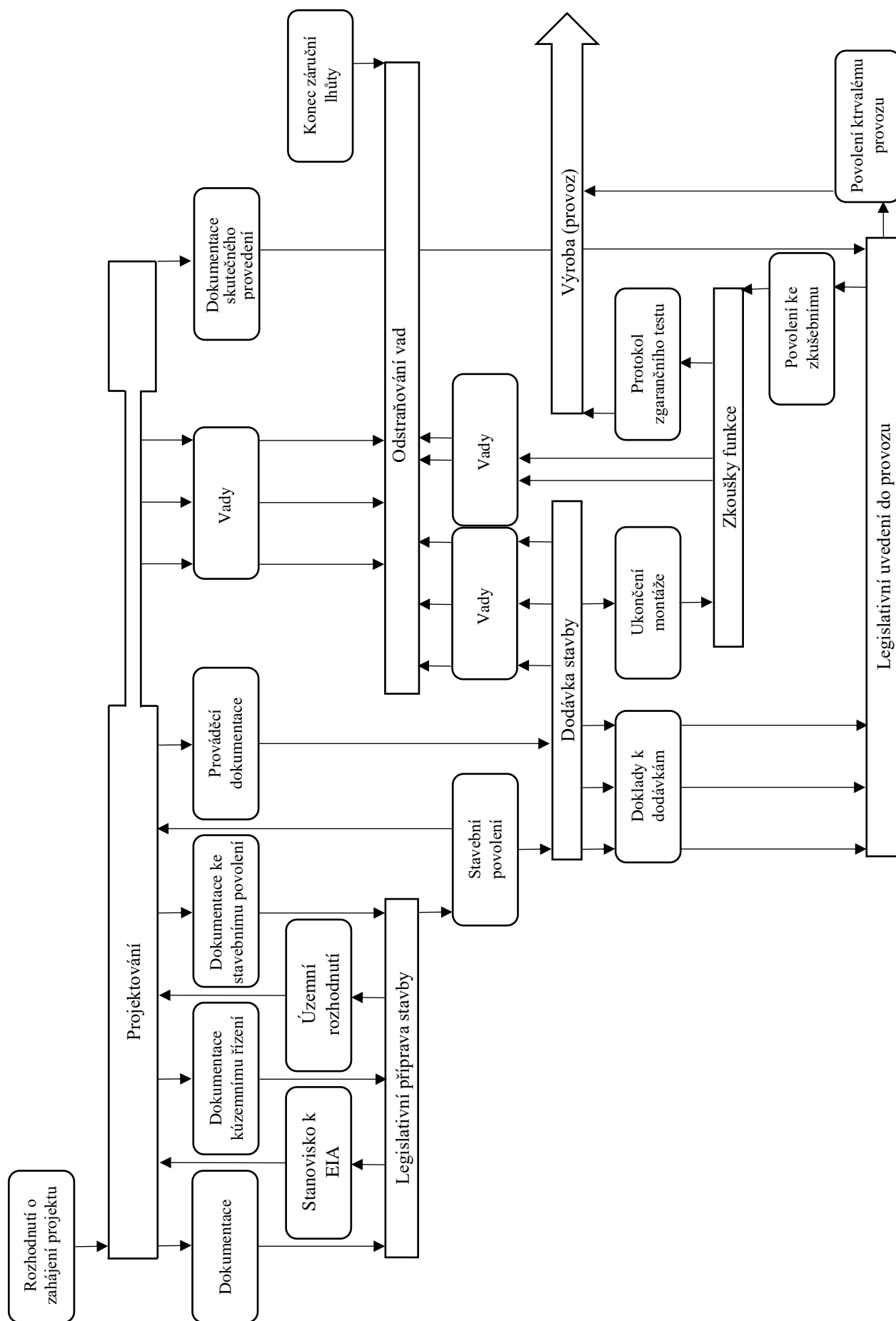
Procesy výstavby vytváří stavbu. Jejich zvládnutí a správné provedení vyžaduje znalosti legislativy, projektování a provádění staveb. Správně definovaný proces má minimum organizačních rozhraní. Jinými slovy je prováděn minimem různých organizačních složek. V optimálním případě pouze jednou. Pod tímto zorným úhlem byly činnosti při výstavbě rozděleny do procesů, které mohou být vykonávány vždy jedním účastníkem výstavby. Procesy výstavby jsou vzájemně provázány tak, že výstup jednoho procesu je vstupem do druhého procesu. [A.34]

Procesy výstavby jsou specifické pro stavbu. Na jiném projektu, např. při vývoji softwaru, mají zcela jiný obsah. Procesy výstavby se musí řídit. Pro řízení je vhodné aplikovat obecné přístupy pro řízení projektů. Tyto procesy se nazývají projektové řízení.

Procesy výstavby zahrnují všechny specifické činnosti, které je nutné vykonat, aby bylo možné stavbu zhotovit. Jednotlivé procesy nebo jejich části provádějí účastníci výstavby. Většinou minimálně vlastník, projektant a dodavatel stavby. Existuje velké množství variant, jak se rozdělí vykonávání činností mezi jednotlivými účastníky. Procesy spojené s výběrem dodavatelů a řízením patří mezi obecné procesy projektového řízení a do procesů výstavby nejsou ve většině výkladů zahrnuty.

Procesy výstavby začínají okamžikem rozhodnutí o zahájení projektu. Rozhodnutí většinou obsahuje základní parametry projektu – náklady, výnosy, lhůty výstavby a rámcové technické údaje. Cílem procesů je splnit následující zadání.

- Projektování – proces projektování začíná zpracováním dokumentace pro povolovací řízení a končí předáním dokumentace skutečného provedení stavby.
- Legislativní příprava stavby – většina technologických staveb musí projít třemi na sebe navazujícími povolovacími stupni – posouzení vlivu stavby na životní prostředí, územní řízení a nakonec stavební řízení. Vydáním stavebního povolení tento proces končí.
- Dodávka stavby – tento proces začíná převzetím staveniště a končí předáním hotové stavby vlastníkovi. Součástí dodávky je nákup zařízení, výrobků a služeb od výrobců a subdodavatelů.
- Zkoušky funkce – po ukončení montáže dochází ke zkouškám jednotlivých zařízení a posléze technologie jako celku. Zkouškami se prověřuje jejich správná funkce.
- Legislativní uvedení do provozu – proces, kdy se zjišťuje, zda stavba a všechny její části jsou v souladu s technickými požadavky stanovenými zákonem a dokumentací schválenou stavebním úřadem při vydání stavebního povolení. Na konci tohoto procesu je vydání kolaudačního rozhodnutí, kterým se pro stavbu povoluje trvalý provoz.
- Odstraňování vad – odstraňování vad a nedostatků při výstavbě, při předání a v průběhu záruční doby. Tento proces končí uplynutím záruční doby.



Obr. 5-1 Diagram procesu výstavby [A.34]

5.2.3 Projektování

Projektování je soubor činností, proces, v němž se navrhuje řešení určitého konkrétního projektu (ve smyslu záměru) v jednotlivých fázích jeho přípravy a realizace. Ve výstavbě je chápáno projektování jako tvorba dokumentace projektů.

K výstavbě a projektu je vypracovávána vždy tzv. projektová dokumentace.



Obr. 5-2 Zadávací a omezující podmínky při projektování [A.34]

Projektování je proces, kde je sestavena z dílčích prvků nová stavba při splnění zadávacích a omezujících podmínek. Jedná se tedy o sled činností, které ze vstupního zadání vytvoří úplnou definici stavby, za níž lze považovat prováděcí dokumentaci. Zadávací a omezující podmínky je možné rozdělit do několika skupin.

- Vstupní zadání – např. u občanských staveb je to místo stavby, velikost ploch a jejich využití, nároky na počty podlaží, počet lidí užívající jednotlivé prostory stavby.
- Požadavky investora – požadavky, které konkretizují technické řešení, např. technologie, typ klíčových zařízení, stupeň automatizace atd.
- Požadavky řádné funkce – řádná funkce stavby vyžaduje respektovat přírodní a společenské zákony a zákonitosti.
- Zákonná omezení vlivu stavby na okolí – účinky stavby na okolí, např. hluk, emise do ovzduší, odpadní vody, jsou omezeny většinou zákonnými limity.
- Zákonná omezení parametrů vlastní stavby – tyto podmínky jsou definovány v zákonech, vyhláškách a platných normách ČSN.

Projektová činnost vyžaduje znalost metod a postupů návrhu řádné funkce stavby a znalost zákonných omezení pro návrh staveb. Z formálního hlediska je nutná i autorizace odpovědných projektantů vzhledem k dokumentaci určené ke správním řízením.

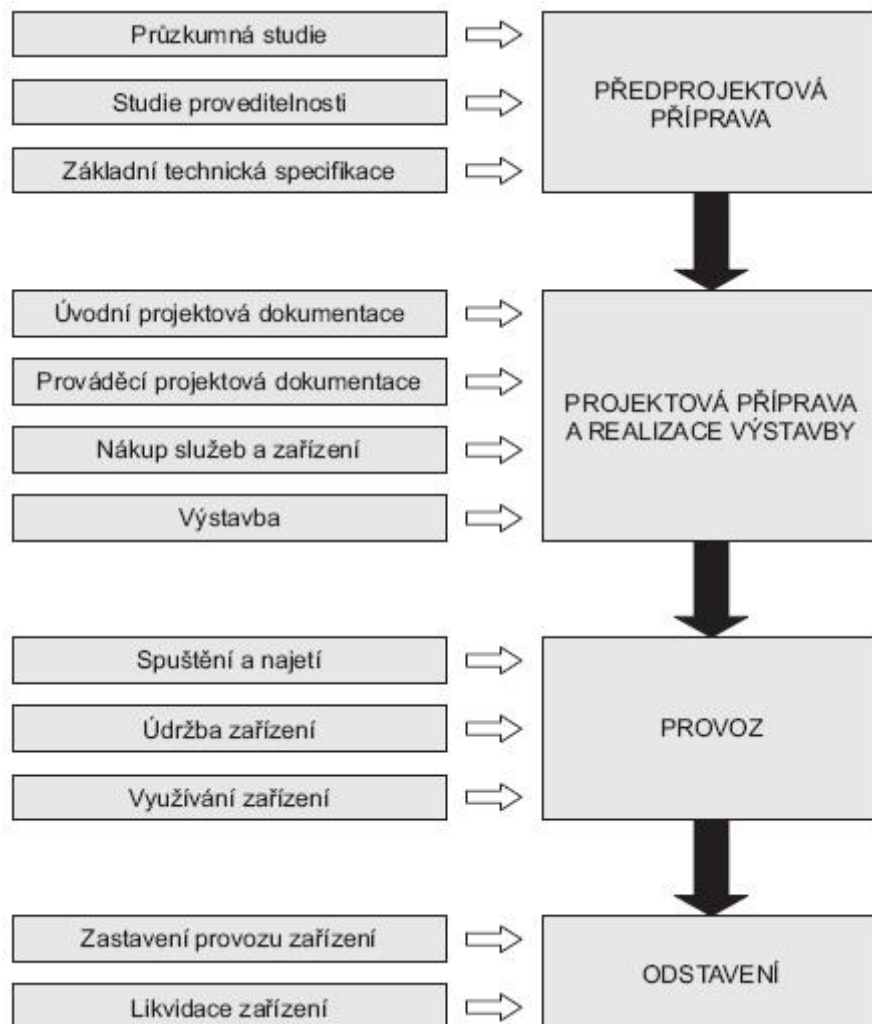
Pro projektování ale i konstruování se v angličtině používá výraz Design. Obecnější pojem Engineering vyjadřuje v užším smyslu projektování, ale v širším významu pokrývá i další inženýrské činnosti.

Vlastní přípravu a realizaci projektů od identifikace určité základní myšlenky projektu až po ukončení jeho provozu a likvidaci lze chápat jako určitý sled čtyř fází:

- předinvestiční (předprojektová příprava),

- investiční (projektová příprava a realizace výstavby),
- provozní (operační),
- ukončení provozu a likvidace.

Každá z těchto fází (viz Obr. 5-3) je důležitá z hlediska úspěšnosti projektu.



Obr. 5-3 Etapy života projektu [A.34]

5.2.4 Projektová dokumentace

V procesu návrhu se postupně vytváří soubor informací, které kompletně popisují stavbu. Informace mají povahu číselných, textových a grafických dat. Data jsou shromážděna v projektové dokumentaci, která je hlavním výstupem procesu projektování. Projektová dokumentace je potřeba ke zdokumentování návrhu stavby a pro její schválení orgány státní správy.

Další část práce bude zaměřena na druhy projektové dokumentace potřebné pro návrh stavby. Tato dokumentace je v principu obsahově nezávislá na zemi, v níž se vytváří. Dokumentace potřebná pro získání stavebního povolení a uvedení stavby do trvalého provozu je však pro každou zemi jiná a řídí se místní legislativou (např. v ČR určuje požadavky na dokumentaci staveb vyhláška 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb ve znění novelizace č. 62/1013 Sb.).

Projektová dokumentace zachycuje tři hlavní aspekty – technologické řešení, stavební řešení včetně umístění stavby a vztahů sokolím a podmínky provádění výstavby, jako je časový plán výstavby, rozpočet atd.

Z hlediska návrhu technologické stavby potřebujeme tři stupně projektové dokumentace:

- koncepční návrh (Conceptual Design)
- dokumentace souborného řešení (Basic Design)
- prováděcí dokumentace (dokumentace pro provedení stavby, Detail Design)

Koncepční návrh

Výstupem vývoje a vstupem do procesu projektování technologické jednotky jsou technologické podklady, které jednoznačně definují technologický proces, tedy koncepční návrh. U známých technologií stačí definovat pouze základní požadavky. Např. pro kotelnu vyrábějící teplo stačí zadat pouze výkon kotle, palivo a odběrné diagramy. To je dostatečný vstup, který projektant stačí jako podklad pro další návrh.

Koncepční návrh tedy jednoznačně definuje typ technologie a klíčová zařízení.

Dokumentace souborného řešení

V tomto stupni projektové dokumentace se na základě koncepčního návrhu a dalších vstupních údajů navrhnu základní charakteristiky všech technologických zařízení, technologický postup, schéma, rozhodující stroje a zařízení, základní požadavky na stavební část a filozofie řízení.

Dokumentace souborného řešení se kryje s koncepčním návrhem, ale navíc popisuje základní parametry zbývajících technologických a pomocných zařízení, řeší umístění stavby ve vybrané lokalitě, dispozici budov a všech strojů a popisuje vliv stavby na okolí.

Dokumentace souborného řešení tedy definuje všechna zařízení a stavební objekty a jejich umístění v prostoru.

Prováděcí dokumentace

Prováděcí dokumentace definuje všechny podrobnosti stavby a slouží jako podklad pro zhotovení stavební části a pro dodávku strojů a zařízení, jejich montáž a uvedení do provozu. Míra podrobnosti zpracování dokumentace závisí na atypičnosti dodávky nebo práce a na stupni rozčlenění dodávky mezi subdodavatele.

Prováděcí dokumentace tedy popisuje podrobnosti stavby umožňující dodávku materiálu a zařízení, výstavbu, montáž a zkoušky.

Dokumentace skutečného provedení

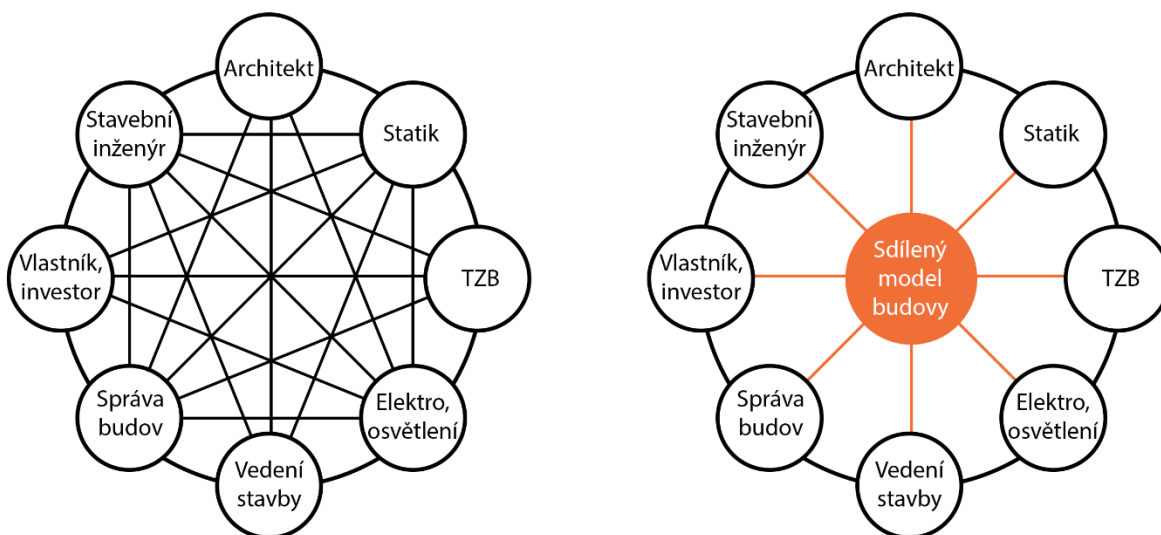
V průběhu výstavby zpravidla dochází k mnoha změnám. Pokud jsou změny nad rámec stavebního povolení, pak je nutno žádat stavební úřad o povolení změny stavby před dokončením. Stavební úřad při kolaudaci vyžaduje dokumentaci skutečného provedení (As-built documentation) v rozsahu dokumentace pro stavební povolení s vyznačením všech změn. To je většinou z hlediska investora málo, protože investor má zájem o co nejúplnější a nejpodrobnější dokumentaci, podle které bude provádět údržbu a opravy. Nejvhodnější je tedy upravit prováděcí dokumentaci v průběhu výstavby do dokumentace skutečného provedení.

5.2.5 BIM systémy

Stavebnictví vytváří díla dlouhodobé životnosti a užité hodnoty. Je tedy nutné se zajímat nejen o počáteční investici do výstavby, ale i náklady na celý životní cyklus. Na období užívání stavby připadají tři čtvrtiny celkových nákladů životního cyklu stavby a z toho jednu třetinu tvoří náklady na správu a údržbu.

Pro úspěšné provádění staveb je podstatné strukturování stavby do jednotlivých částí, definování jednotlivých prvků, jejich popis a utřídění dle jednoznačné klasifikace. Základním vstupem rozhodovacího a řídicího procesu jsou informace, které se týkají stavby jako celku, nebo některých jejích dílů.

Informace o určitém jevu či dílu stavby se v průběhu jejího životního cyklu mění a vyvíjejí, proto je nutné, aby byly včleněny do strukturovaného systému umožňujícího monitorování vývoje stavby v čase, optimalizaci technickoekonomických charakteristik stavby během její životnosti, permanentní aktualizaci informací a jejich okamžité generování.



Obr. 5-4 BIM – tok informací [D.18]

Všechny tyto procesy lze jednotně a efektivně řídit s využitím informačního modelování staveb, tzv. BIM (zkratka zanglického termínu Building Information Modeling nebo někdy Building Information Management), který je společným IT komunikačním nástrojem jak pro účastníky stavebního procesu, tak i pro návazné provozovatele. BIM model si lze představit jako informační databázi, která může zahrnovat kompletní data od prvotního návrhu, výstavby, správy budovy až po její demolici. BIM je pracovní proces, při kterém jsou mezi jednotlivými účastníky stavebního cyklu (architekti, projektanti, dodavatelé, správci budov) vytvářeny a sdíleny informace.

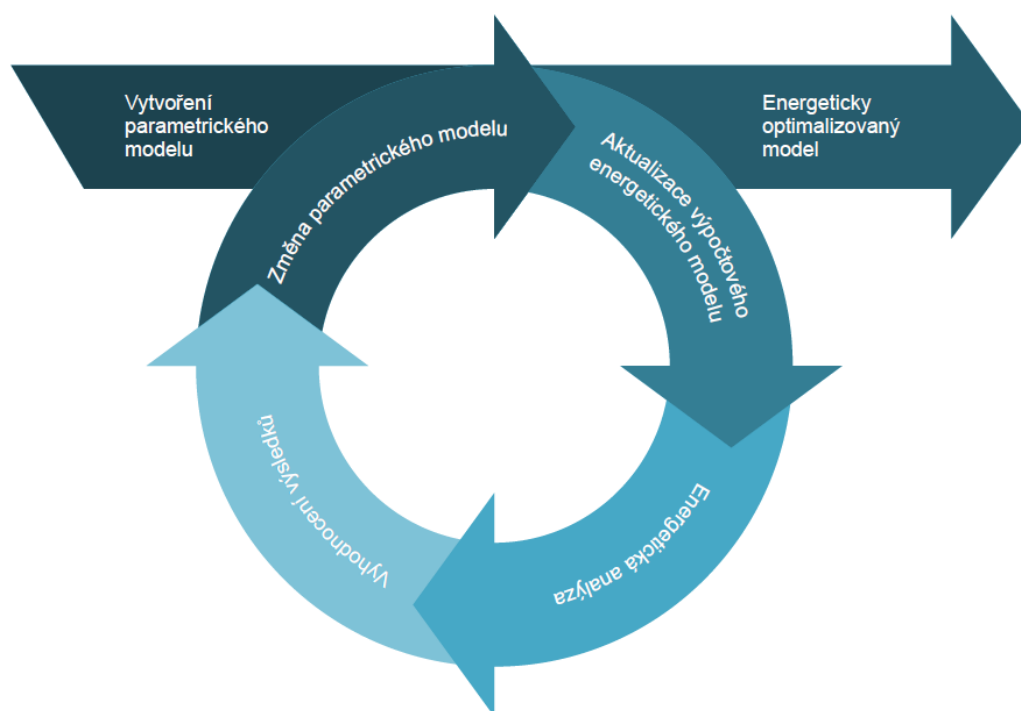
Pro stavebnictví je v současné době prioritní právě digitalizace a zavádění nových vědecko-technických poznatků do praxe. BIM je možností, jak lépe definovat požadavky na výslednou stavbu, elektronicky kontrolovat průběh stavby v jejích jednotlivých fázích, snadněji zhotovovat nezávislé posudky, minimalizovat vícenáklady na provádění staveb a zajistit lepší dostupnost podkladů a ekonomičtější provoz staveb.

Všeobecně návrh stavby zpracovaný formou modelu BIM umožňuje zvýšení efektivity stavební výroby, zvýšení kvality projektové dokumentace, zajištění dostupnosti relevantních informací o stavbě a v nich použitých zařízeních a systémů a plnění požadavků na snižování

energetické náročnosti budov. Za účelem odstranění nedostatků a zpřesňování parametrů jsou BIM systémy testovány na již probíhajících stavebních zakázkách, ale i na vysokých školách formou závěrečných prací

Úspora díky použití metody BIM podle průzkumů provedených v zahraničí činí 20 % z celkových nákladů za celý životní cyklus stavby. S informačním modelem stavby lze na navrhované stavbě simulovat různé situace, pracovat s variantami a docílit tak ve výsledku optimalizovaného návrhu. Využívání metod BIM pro výstavbu nových staveb napomáhá docílit i úspor z hlediska energií.

Stejně jako pro ostatní analytické úlohy související s návrhem budovy je možné aplikovat postup znázorněný na následujícím diagramu i na energetickou optimalizaci návrhu.



Obr. 5-5 Diagram optimalizace BIM [A.37]

Informační model budovy je zpravidla modelem parametrickým a proto je možné změnami parametrů, typů materiálů a dalších aspektů měnit rychlým způsobem návrh a zároveň jej téměř ihned znovu analyzovat. Je tak možné vytvořit mnohem více návrhových variant s rychlejším iteračním krokem a se zvážením více aspektů.

Aby nebylo nutné každý prvek modelu vždy modelovat zvlášť a modelování bylo efektivnější, je vhodné pro model využívat předem připravené prvky. Prvky jsou součástí tzv. knihovny BIM, která obsahuje výrobky a části staveb s potřebnými údaji a parametry v dohodnuté struktuře potřebné pro další využívání.

Role knihovny BIM je proto v systému modelování nezastupitelná. Její první podoba vznikla v akademickém prostředí a nyní začíná prověřování využití prvků knihovny v aplikacích pro celý životní cyklus stavby. Knihovna by měla obsahovat nejen modely s informacemi o konkrétních výrobcích, ale i obecné prvky pro potřeby modelování veřejné zakázky. Dalším nezbytným krokem pro zajištění nezávislosti a kvality prvků národní knihovny je definice minimálních návrhových parametrů výrobků pro daný účel ve stavbě.

K tomuto definování minimálních návrhových parametrů by mohla napomoci řešení problematika této práce.

Pokud má být metodiky BIM využito tak, aby maximální měrou přispěla k naplnění cílů projektu ve smyslu času, kvality i ceny, je třeba pro každý projekt vytvořit plán informačního modelování. Tento plán musí být vytvořen před začátkem návrhového procesu, aby dával smysl z pohledu projektu jako celku. Pro vytvoření takového plánu existují různá doporučení a standardy včetně šablon dokumentů a tabulek s typy dat v jednotlivých fázích návrhu.



Obr. 5-6 Plán informačního modelování [A.37]

V soustavě mezinárodních (ISO) a evropských (EN) norem již byly vydány normy pro BIM. Tyto národní normy vzhledem k rozsáhlosti problematiky BIM široce zasahují do stávajících soustavy národních předpisů. Je tedy nutné, aby pravidla navrhování a používání BIM systémů byla zakotvena i v českých technických normách. Při ÚNMZ byla proto koncem roku 2016 zřízena technická normalizační komise pro problematiku BIM. Jejím prvním úkolem má být překlad norem ISO definujících parametry v univerzálním formátu IFC.

Projekční část je pouze zlomek z celého životního cyklu budovy, ale přesto je velmi důležitá. Dochází v ní totiž k vložení největší části informací a také k jejich průběžné aktualizaci.

Je zřejmé, že téma BIM je široké, komplexní a velmi dynamické. Pro jeho další rozvoj k výše uvedené efektivitě je nutné stále ověřovat soulad české praxe s poznáním rozvoje v zahraničí. Je třeba se také zbývat dalšími otázkami, které vývoj přináší, jako jsou otázky autorských práv k modelu, archivace dat modelu a jejich trvalá dostupnost.

5.3 Data, informace, znalosti

Pojmy data a informace jsou velmi rozšířené, avšak jejich užívání (ve smyslu přesnosti jejich významu) je velmi volné. Uvedenou dvojici ještě doplňuje pojem znalost, který se užívá v souvislosti s umělou inteligencí (UI).

5.3.1 Data

V kontextu klasické počítačové vědy se pojem data vždy používal jako označení pro čísla, text, zvuk, obraz atd., tedy smyslové vjemy reprezentované v podobě vhodné pro počítačové zpracování. Data tedy slouží pro reprezentaci faktů, atributů, odrazu dějů a věcí.

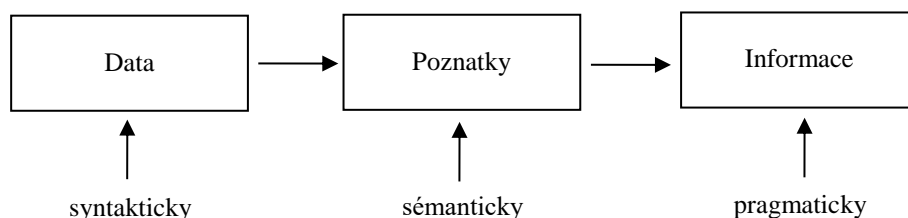
Z hlediska práce s daty je možné rozlišovat dle [A.31]:

- strukturovaná data – explicitně zachycují fakta, atributy, objekty apod., přičemž významným rysem je existence určitých elementů dat. Typickým příkladem je ukládání dat pomocí relačních databázových systémů, ve kterých se obvykle používá hierarchie elementů *pole* → *záznam* → *relace* → *databáze*. Díky tomuto strukturovanému uložení je potom možné snadno vybírat jen ta data, která jsou zapotřebí při řešení nějakého informačního problému.
- Nestrukturovaná data – jsou vyjádřena jako „tok bytů“ bez dalšího rozlišení, např. může jít o videozáznamy, zvukové nahrávky nebo obrázky. Patří sem ovšem také textové dokumenty.

5.3.2 Informace

Pojem informace je používán v mnoha disciplínách a oborech, proto existuje také velké množství definic pojmu informace. S informacemi se pracuje např. v oborech: elektroinženýrství, kognitivní vědy, počítačová věda, management atd.

Jako jednu z platných definic dle [A.31] je možné uvést následující vymezení pojmu informace. Databázové systémy obsahují data. Pokud je systém charakterizován jako systém pro vyhledávání informací, znamená to, že obsahuje informace? Obr. 5-7 ukazuje jeden z možných pohledů na vztah data – informace. V tomto smyslu je chápána databáze jako prostý souhrn hodnot bez jakéhokoli významu (sémantiky). Je-li k hodnotám přiřazen i význam, pak se již jedná o určitý poznatek, který zapadá do kontextu reality, která je v databázi zachycována (modelována). Informace jsou tedy data v kontextu, jsou to data použitelná a srozumitelná.



Obr. 5-7 Data, poznatky, informace [A.31]

5.3.3 Definice znalostí a jejich reprezentace

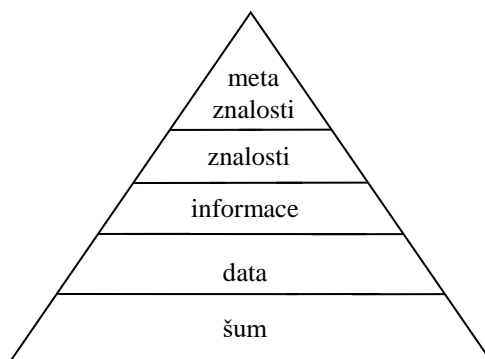
Další pohled na pojetí informace přinesla umělá inteligence, která klade nad informaci ještě znalosti jako formu abstrakce a generalizace. Znalosti se dle [A.31] rozumí vzájemně provázané (měnitelné, rozšiřitelné) struktury souvisejících poznatků. Znalost něčeho znamená jejich reprezentaci v podobě kognitivního modelu, včetně schopnosti provádět s nimi různé kognitivní operace. Pod termínem znalosti se skrývají nejen teoretické vědomosti o dané problematice, ale také dlouhodobé zkušenosti dané osoby (mající ony znalosti) v této oblasti. Z toho je zřejmé, že osoba disponující rozsáhlými znalostmi v dané problematice je zároveň v této oblasti expertem. A právě znalosti takového člověka (experta) jsou jedním ze základních důvodů vzniku teorie pojednávající o reprezentaci znalostí.

V obecné rovině je možné reprezentovat znalosti mnoha způsoby, které jsou však závislé na metodě poznání. Pokud jsou určité znalosti získány přirozenou cestou během života, pak jsou zatíženy mírou neurčitosti. Takové znalosti lze reprezentovat pouze neformálním jazykem (např. českým jazykem). Pokud jsou však dané znalosti získány metodami exaktních

věd, pak je možné je reprezentovat jak neformálním, tak jazykem formálním (např. matematickým zápisem). Znalosti používané v oblasti umělé inteligence se nejčastěji vyjadřují prostřednictvím:

- predikátové logiky – v UI se často užívá predikátové logiky prvního řádu, jelikož umožňuje odvozovat pravdivé formule z axiomů nebo jiných pravdivých formulí,
- produkčních pravidel – každé pravidlo obsahuje podmínkovou část a důsledkovou část,
- sémantických sítí – pro popis se užívá orientovaný graf, kde uzly znázorňují jednotlivé objekty a hrany reprezentují vztahy mezi nimi,
- rámců – rámce jsou struktury, do kterých lze uložit charakteristiku libovolného objektu. S rámci se lze setkat i v objektově orientovaném programování, kde se rámec nazývá objekt. Každý rámec (objekt) obvykle obsahuje název, atributy a metody.

Znalosti v expertních systémech mají nejvyšší prioritu, proto v níže uvedené hierarchii znalostí zaujímají jednu z nejvyšších pozic:



Obr. 5-8 Hierarchie znalostí [A.18]

V multiznalostních systémech (ES určený pro více specifických oblastí) se metaznalosti používají k rozlišení znalostí, které budou použity k řešení daného problému.

5.3.4 Reprezentace znalostí

Znalost se tak stala klíčovým prvkem znalostně orientovaných aplikací, např. expertních systémů. Na tvůrcích znalostního systému je zvolit vhodný způsob zviditelnění (zachycení, reprezentace) znalostí, tzv. reprezentační schéma. Takové schéma si lze představit jako soubor pravidel a postupů, které mají být dodržovány pro zachycení znalostí. Schéma by mělo být pro člověka dostatečně srozumitelné, univerzální, resp. schopné zachytit širokou škálu znalostí – od obecnějších po specifitější. Dále by mělo podporovat snadnou modularitu (rozšiřování) znalostí. Různé zdroje uvádějí podobné rozdělení typů reprezentace znalostí. Základními druhy reprezentace znalostí jsou:

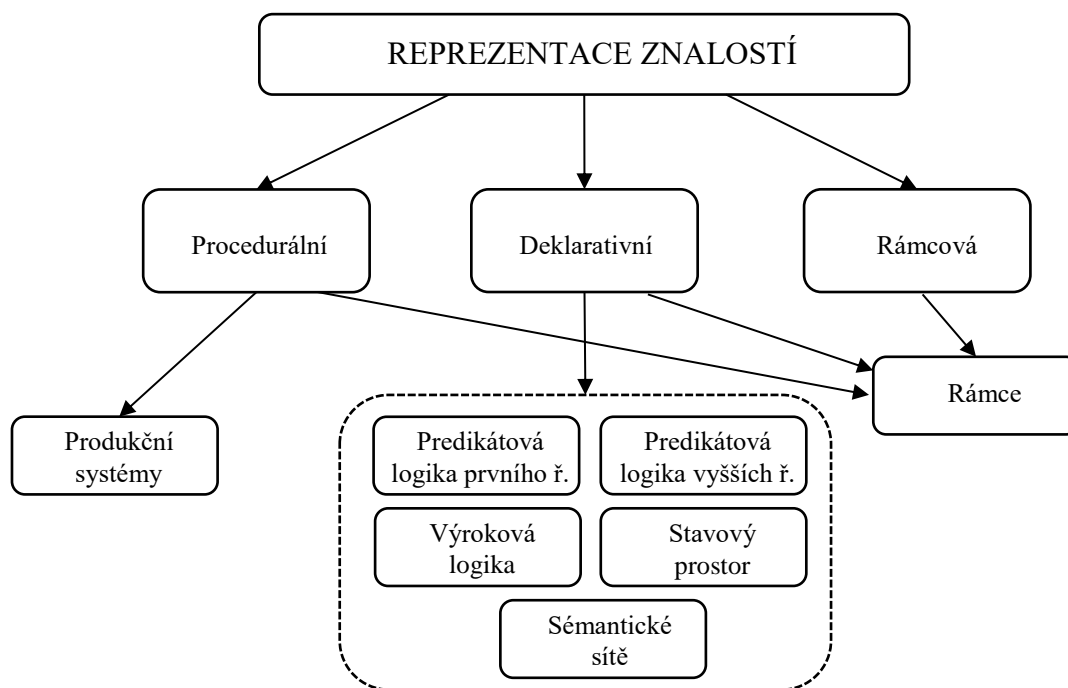
- procedurální reprezentace,
- deklarativní reprezentace,
- schématická reprezentace.

Hlavním prvkem procedurální reprezentace znalostí je procedura. Tu si lze představit jako určitý výkonný programový kód, který řeší otázky typu „Jak?“, nikoliv „Co?“.

Ve spojení s touto formou reprezentace je možné hovořit i o tzv. pravidlech (produkcích), které se vyskytují např. v produkčních systémech, resp. expertních. Slouží k přenosu znalostí expertů do počítačové podoby. Obsahuje různé podmínky a akce, které jsou proveditelné na základě splnění těchto podmínek. Řešenou úlohou v případě procedurální reprezentace může být např. zjištění většího čísla ze dvou možných.

Deklarativní způsob reprezentace znalostí naopak zodpovídá otázku „Co má být řešeno?“, nikoliv „Jak to má být řešeno?“. Nedochozí zde tedy k dotazování, například na způsob výpočtu největšího čísla, ale na to, jak je největší číslo definováno. Expertní systém má svoji procedurální i deklarativní znalostní reprezentaci – fakty obsažené v bázi faktů. Tato fakta jsou používána pravidly např. pro vyvozování dalších souvislostí a znalostí. Typickými představiteli deklarativního způsobu reprezentace znalostí jsou logická schémata (výroková logika, predikátová logika prvního a vyšších řádů), sémantické sítě a stavový prostor.

Rámcová schémata jsou kombinací procedurálního a deklarativního přístupu. Deklarativnost spočívá ve způsobu zachycování informací o objektech reality pomocí slotů (vlastnosti rámce) a facet (hodnoty vlastností rámce). Procedurálnost je obsažena v procedurách, které mohou být součástí rámcové struktury.



Obr. 5-9 Způsoby reprezentace znalostí [D.15]

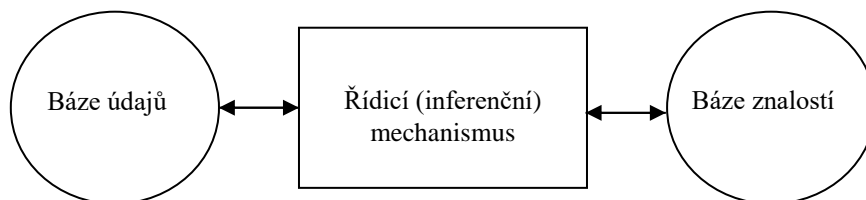
5.4 Expertní systémy

Expertní systémy (ES) jsou dle nejčastějších výskytů v literatuře definovány jako např.:

- systém hledající řešení problému v rozsahu určitého souboru tvrzení nebo uskupení znalostí, které byly formulované odborníky (experty – odtud název expertní systémy) pro danou specifickou aplikační oblast [A.18],
- systém založený na reprezentaci poznatků odborníků, které jsou využity při řešení zadaných problémů [A.18, A.28],

- systém spolupracujících programů na řešení vymezené třídy úloh, v jednotlivých problémových oblastech většinou řešené experty [A.18, A.28],
- systém vybavený znalostmi odborníka ze specifické oblasti, v rozsahu kterých je schopný uskutečňovat rozhodnutí rychlostí a kvalitou vyrovnávající se nejméně průměrnému specialistovi [A.18, A.28].

V každém ES je možné rozlišit 3 základní složky tvořící jeho minimální konfiguraci - inferenční (řešící) mechanismus, báze znalostí a báze údajů (faktů). Inferenční mechanismus (IM) je tvořený systémem spolupracujících programů zabezpečujících procedurální složku činnosti ES, báze znalostí a údajů (BZ a BF) jsou pasivní údajové struktury.



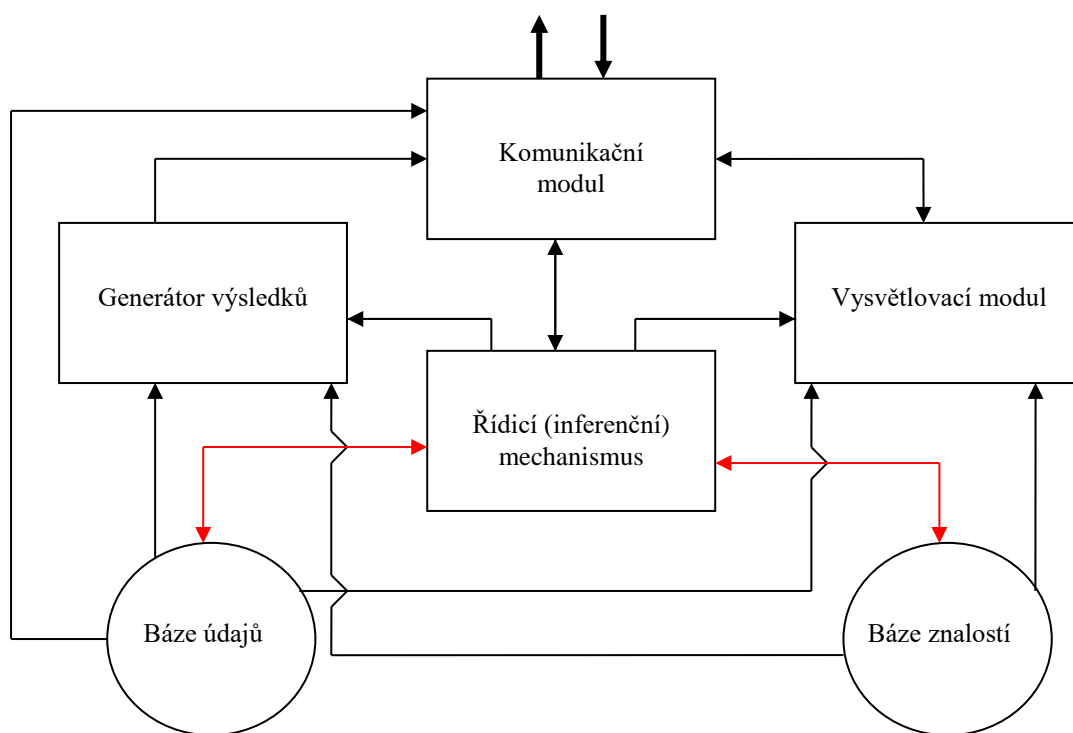
Obr. 5-10 Základní složky expertního systému [A.18]

Klíčovou myšlenkou expertních systémů je oddělení symbolové reprezentace znalostí (deklarativního programu) a faktů od jejich interpretátora (realizovaného procedurálně), tj. separování báze znalostí a báze údajů od inferenčního mechanismu. [A.18]

Pro zjednodušení práce zejména při plnění báze znalostí a doladování funkcí systému a výhody naprogramování jednotlivých modulů jako samostatných funkčních celků je doporučeno použít rozšířené schéma viz Obr. 5-11.

5.5 Architektura expertního systému

Základní a přídavné složky expertního systému mohou být následující, viz Obr. 5-11:



Obr. 5-11 Základní a přídavné složky expertního systému [upraveno z A.18, A.30]

Funkce komunikačního modulu spočívá v zabezpečování interakce mezi uživatelem a expertním systémem. Vysvětlovací modul vysvětluje a zdůvodňuje stav a průběh řešení problému, jeho jednotlivé kroky a dosažené výsledky. Generátor výsledků sestavuje dílčí výsledky do integrálního a odůvodněného celku, bez nadbytečných informací, v požadovaném tvaru a srozumitelné formě. [A.18]

5.5.1 Báze znalostí

Báze znalostí reprezentuje obecný model popisu oblasti řešené expertním systémem. Obvykle je tvořena pravidly popisujícími daný problém. Jsou zde nashromážděny znalosti a zkušenosti expertů.

Zachycuje celou škálu znalostí od nejobecnějších, učebnicových, až k úzce speciálním, od všeobecně známých až ke znalostem, které expert získal dlouholetou praxí a o nichž pouze ví, že mu často pomáhají při řešení podobných problémů.

Ukazuje se, že právě rozsah a kvalita speciálních, mnohdy soukromých, heuristických znalostí odlišují experta od průměrného pracovníka v dané problémové oblasti. Tato báze je svou koncepcí podobná databázi.

5.5.2 Řídicí (inferenční) mechanismus

Řídicí mechanismus realizuje proces hledání řešení nad bázi znalostí a vstupními informacemi. Mechanismus je složen ze souboru kooperujících programů zabezpečujících procedurální složku činnosti expertního systému. Tím inferenční modul umožňuje v určitém rozsahu napodobovat expertovu schopnost uvažovat. Jedná se tedy o jádro (výkonnou část) expertního systému.

Modul simuluje především ty schopnosti, které souvisí s efektivním využíváním poznatků a zkušeností, získaných na základě asociací, hierarchií, příčinně-důsledkových vazeb, kontextů a spojování poznatků do vhodně souvisejících celků a posloupností.

Takto zavedený inferenční mechanismus tedy odpovídá mechanismům všeobecného uvažování, opírajícího se o bázi znalostí, na jejímž základě je možno konkrétní problémy řešit.

Typický inferenční mechanismus je dle [A.30] založen na:

- inferenčním pravidlu pro odvozování nových poznatků z existujících znalostí,
- strategii prohledávání báze znalostí.

Pro odvozování nových údajů je využito především následujících inferenčních metod (popis metod získán z [A.20], [A.28], [A.30]):

- indukce – inferenční mechanismus postupuje od specifitějších poznatků k obecnějším,
- dedukce – konečný závěr je odvozen z předpokladů,
- abdukce – odvozování od již známého závěru k možným předpokladům,
- generování a testování – poznatky jsou získávány metodou „pokusů a omylů“,
- heuristiky – odvozování na základě zkušeností,
- analogie – vytváření odpovědí na základě podoby s jiným (již známým) stavem,

- absence – pokud při odvozování chybí daná specifická znalost, pak je nahrazena obecnější,
- nemonotónní inference – při zjištění nových poznatků přestávají platit původní a expertiza se provádí znovu.

Důležitou schopností řídicího mechanismu je zpracování neurčitosti. Neurčitost v expertních systémech se může vyskytovat v BZ i BF. Zdroji neurčitosti mohou být nepřesnost, nekompletnost, nekonzistence dat, vágní pojmy a nejisté znalosti.

Neurčitost pak může být prezentována a zpracována pomocí různých přístupů a prostředků (pravděpodobnostní principy, faktory jistoty atd.).

5.5.3 Báze údajů (fakt)

Báze údajů (fakt) reprezentuje konkrétní model odpovídající danému stavu řešení. Jedná se o konkrétní informace, které jsou vázány na konkrétní úlohu, situaci a jsou povětšinou realizovány jednoduchými tvrzeními. Fakta jsou tedy nezpochybnitelnou informací charakterizující stav věci.

Fakta určují inicializační podmínky, určují omezující řešení, parametrizují úlohu. Fakta nejsou uložena ve znalostním systému explicitně, ale jsou doplněny až na základě konkrétní aplikace, ze které můžeme tato fakta získat např. měřením nebo jiným pozorováním. [A.20]

Data do této báze mohou být získávána např. z měřících zařízení, od uživatele atd.

5.5.4 Vysvětlovací modul

Vysvětlovací modul má za úkol protokolování činností systému a následnou vhodnou reprezentaci tohoto protokolu. Tento model je obdobou ladícího programu (debuggeru) u programovacích nástrojů. Umožňuje tedy najít a odstranit chyby při vytváření expertního systému.

5.5.5 Generátor výsledků

Generátor výsledků, resp. generátor řešení má za úkol vytvářet určité možné kombinace řešení, která jsou poté testována dle kritérií a srovnávána s pravidly z báze znalostí. Jde tedy o sestavení dílčích výsledků do celku bez nadbytečných informací, v požadovaném tvaru a srozumitelné formě.

5.5.6 Komunikační modul

Komunikační modul je součástí expertních systémů, která zprostředkovává rozhraní člověk - stroj. Toto rozhraní umožňuje zadávání dat nebo vyčítání výsledků ze systému.

Komunikační modul má dle [A.28] následující funkce:

- zabezpečuje plynulý dialog s uživatelem,
- poskytuje relevantní informaci o průběhu konzultace (např. zobrazuje jméno právě využívané báze znalostí, tiskne výsledky),
- poskytuje informace z báze znalostí,
- poskytuje vysvětlení a zdůvodnění (např. co je právě zkoumáno, proč byl položen daný dotaz),

- vysvětlovací část komunikačního modulu zprostředkovává on-line interakci s hypertextovým či hypermediálním systémem (ten obsahuje hierarchicky uspořádaná fakta a znalosti z předmětné oblasti, a to nejen v textové podobě),
- komunikuje v přirozeném jazyce (zatím pouze snaha řady vývojových pracovišť [A.20]),
- zabezpečuje porozumění pokynům.

5.6 Typy expertních systémů

Expertní systémy je možno klasifikovat dle různých hledisek. Dle obsahu báze znalostí je možné expertní systémy rozdělit následovně:

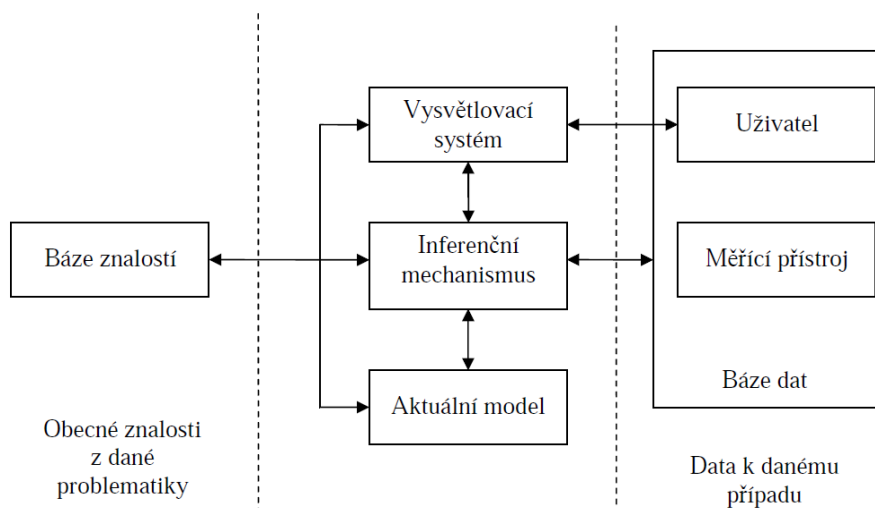
- problémově orientované – báze znalostí i faktů obsahuje znalosti z určitého oboru a jsou orientovány na konkrétní problematiku,
- prázdné – tyto systémy disponují inferenčním mechanismem, ale báze znalostí je prázdná.

Rozdělení ES dle podstaty řešených problémů:

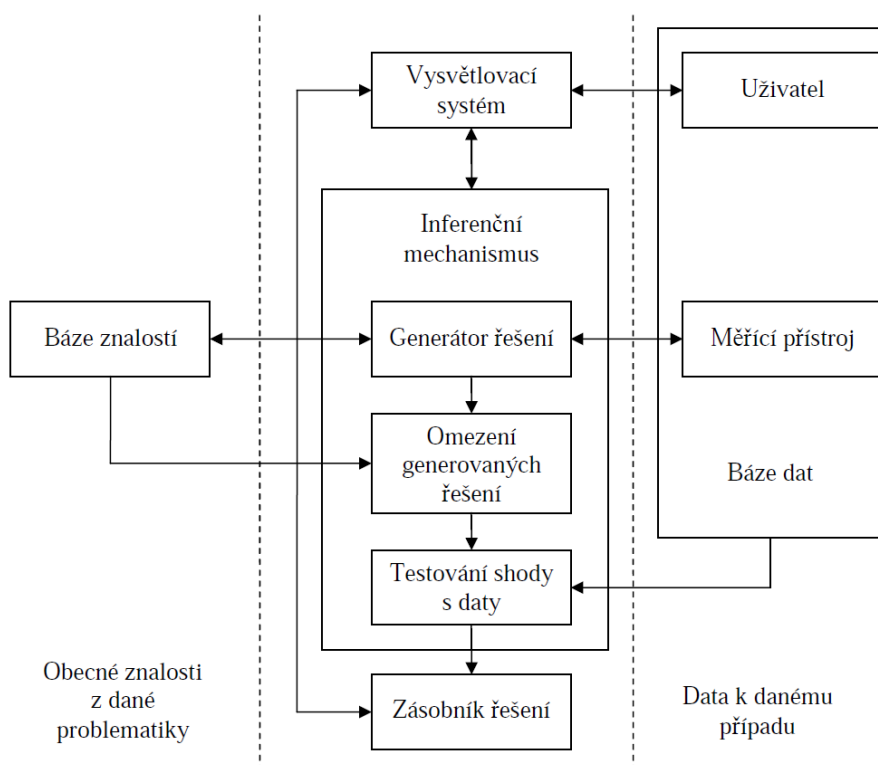
- diagnostické – jejich úkolem je určit, která z hypotéz z předem definované konečné množiny cílových hypotéz nejlépe koresponduje s daty týkajícími se daného konkrétního případu,
- plánovací – obvykle řeší takové úlohy, u kterých je znám cíl řešení a počáteční stav a u kterých je třeba s využitím dat o řešeném případě nalézt posloupnost kroků, kterými se lze dobrat cíle,
- hybridní – tyto systémy kombinují postupy a metody využívané v diagnostických a plánovacích systémech s dalšími metodami, jako jsou evoluční strategie (algoritmy) či neuronové sítě.

Rozdělení ES dle úrovně jejich využívání:

- poradce - pomůcka experta na potvrzení či zpochybnění svých profesionálních názorů. Má hlavně kontrolní funkci.
- Rovnocenný partner - ES navrhuje řešení, konečné rozhodnutí však dělá uživatel.
- Expert - pracuje plně autonomně na úkolech, které uživatel není schopen sám vyřešit. Systém má konečné slovo v rozhodování a svá rozhodnutí často také ihned provádí. Uživatel obvykle není ani schopen kontrolovat správnost těchto rozhodnutí.



Obr. 5-12 Architektura diagnostického expertního systému [A.18]



Obr. 5-13 Architektura plánovacího expertního systému [A.18]

5.7 Aplikace expertních systémů

Pro efektivní využití expertního systému k řešení nějakého problému je nutné splnit následující podmínky dle [A.30]:

- Řešený problém musí být složitý svým rozsahem a neurčitostí vztahů, pro který exaktní metoda řešení buď není k dispozici, nebo není schopna poskytnout řešení v požadované době.
- Efekty plynoucí z použití expertního systému musejí převyšovat vynaložené náklady. Mělo by tedy jít o problém s opakovanou potřebou řešení a značnými finančními dopady, a pro který jsou lidští experti drazí nebo omezeně dostupní.

Typické oblasti použití expertních systémů [A.30]:

- Konfigurace - sestavení vhodných komponent systému vhodným způsobem.
- Diagnostika - zjištění příčin nesprávného fungování systému na základě výsledků pozorování.
- Interpretace - vysvětlení pozorovaných dat.
- Monitorování - posouzení chování systému na základě porovnání pozorovaných dat s očekávanými.
- Plánování - stanovení posloupnosti činností pro dosažení požadovaného výsledku.
- Prognózování – předpovídání pravděpodobných důsledků zadaných situací.
- Ladění – sestavení předpisu pro odstranění poruch systému.
- Řízení – regulace procesů (může zahrnovat interpretaci, diagnostiku, monitorování, plánování, prognózování a ladění).
- Učení - inteligentní výuka, při níž studenti mohou klást otázky např. typu proč, jak, co kdyby.

Vzhledem k výše uvedeným podmínkám je zřejmé, že pro řešení problematiku této práce je vhodné a efektivní využití znalostního, resp. expertního systému nebo minimálně zpracování znalostní báze pro další využití.

5.8 Tvorba ES

Tvorbou expertních systémů se zabývá vědní disciplína nazývaná znalostní inženýrství. Základním úkolem znalostního inženýrství je získání znalosti potřebné k řešení daného problému, což v sobě skrývá nejen vytvoření metod pro získávání a modelování znalostí, ale také nalezení vhodného řídicího mechanismu pro jejich odvození.

Tvorba ES představuje složitý proces členící se do několika vývojových fází. Jedním z nejtěžších rozhodnutí při tvorbě ES je to, zda se vůbec pustit do této časově a jistě i finančně náročné práce. Při přesvědčení, že tvorba zamýšleného systému má smysl a je vhodná, je možné přistoupit k samotnému procesu návrhu, implementace a následného testování.

Celý proces tvorby ES vyžaduje spolupracující tým odborníků a spoustu času. Procesu tvorby báze znalostí se účastní především experti ze zvolené problemové oblasti, znalostní inženýři a koncoví uživatelé.

5.8.1 Životní cyklus expertního systému

Proces tvorby expertního systému lze tedy shrnout do následujících činností:

- analýza problému,
- specifikace požadavků,
- předběžný návrh,
- výběr hardwaru a softwaru,
- návrh uživatelského rozhraní,
- získání a reprezentace znalostí,
- implementace,

- validace a verifikace.

Vytvoření specificky zaměřeného expertního systému je složitá a časově náročná činnost. Zohlednění všech důležitých hledisek při návrhu takového systému – vnějších, vnitřních a implementačních – je přitom nezbytnou součástí. Jde o vícevrstvou a vícerozměrovou činnost, kde každá vrstva a každý rozměr má svá specifika.

Díky složitosti takového systému je důležité si uvědomit, že není možné projekt expertního systému, zaměřený v našem případě na výběr optimální elektroinstalace za požadovaných předpokladů a podmínek, dopředu detailně a přesně specifikovat. Pokud se budeme dívat na proces vytváření expertního systému jako na produktivní řešení problému, zjistíme, že počáteční specifikace problému a kritéria pro cílový stav, jsou v neustálé interakci s probíhajícím řešením. Na základě dílčích výsledků se specifikace a kritéria neustále rozšiřují a upřesňují.

Vlastní implementace expertního systému může být poměrně náročná a to je i důvod, proč expertních systémů v tomto pojetí na světě existuje jen velice málo.

Pro expertní systémy nejen v elektrotechnice můžeme rozlišit tři základní stadia návrhu: výzkum – vývoj – použití.

5.8.2 Shrnutí výhod a nevýhod expertních systémů

Výhody ES:

- schopnost řešit složité problémy,
- dostupnost expertíz a snížené náklady na jejich provedení,
- trvalost a opakovatelnost expertíz,
- trénovací nástroj pro začátečníky,
- uchování znalostí odborníků odcházejících z organizace.

Nevýhody ES:

- nebezpečí selhání ve změněných podmínkách,
- neschopnost poznat meze své použitelnosti.

5.9 Softwarové prostředky pro tvorbu ES

V dnešní době je využití expertních systémů především záležitostí softwarového řešení, které pracuje na specifické platformě operačního systému prakticky nezávisle na použitém hardwaru. [A.36]

Mezi nejvíce používané nástroje můžeme zařadit zejména tyto tři prostředky:

- programovací jazyky umělé inteligence,
- prázdné expertní systémy,
- vývojová prostředí znalostního inženýrství.

5.9.1 Programovací jazyky umělé inteligence

Mezi dva základní představitele programovacích jazyků umělé inteligence patří Lisp a Prolog.

Lisp (Listprocessing) je nejstarší neprocedurální jazyk. Veškeré problémy řeší pomocí symbolů a jejich seznamů. Má velké množství dialektů. V jazyku Common Lisp byl vytvořen např. systém (Generic Blackboard Builder), což je objektově orientované programové prostředí pro vývoj systémů typu tabule. Na jazyku Lisp je založen také prázdný expertní systém ART.

Prolog (Programming inLogic = logické programování) je neprocedurální jazyk (na rozdíl od většiny ostatních jazyků), popisuje programátorský problém pomocí logických výroků. Používá se k řešení problémů, které se dají popsat ve formě objektů a vztahů mezi nimi, k tvorbě umělé inteligence. Celý program v Prologu vypadá jako výpis jednoduchých vztahů mezi objekty. Z nich potom Prolog vyvozuje další informace na základě našich dotazů. Ve srovnání s ostatními programovacími jazyky přinesl Prolog tuto změnu programovacího stylu: namísto otázky, JAK se má získat výsledek?, se uživatel zajímá o to, CO platí mezi objekty, s nimiž jeho program pracuje. Prolog je tedy vhodným prostředkem pro řešení takových úloh, ve kterých zkoumáme vztahy mezi objekty.

Podobně jako v jazyku Lisp můžeme za základ systému Prolog považovat jakýsi univerzální vyhodnocovací systém (interpret). Namísto definic funkcí dostává tento systém definice relací (vztahů), kterými dotváří své pracovní prostředí. Toto prostředí spolu se standardním odvozovacím mechanismem pak systém používá při zodpovídání dotazů uživatele na platnost nebo neplatnost konkrétních případů vztahů mezi objekty.

5.9.2 Prázdné expertní systémy

Jako prázdné expertní systémy se označují systémy, ve kterých jeden inferenční mechanismus může pracovat s různými bázemi znalostí.

Softwarové prostředky označované jako prázdné expertní systémy obsahují pouze jádro systému a uživatelské rozhraní. Uživatel si vytvoří bázi znalostí sám pro svůj problém.

Prázdných expertních systémů existuje velký počet, např. ADS, ART, EXSYS, Nexpert Object, KAS, VP Expert, Expert Choice, G2 Diagnostic Assistant, Mentor, EMYCIN, FEL-EXPERT, AL/X atd.

5.9.3 Vývojové prostředí znalostního inženýrství

Vývojové prostředí je softwarový prostředek pro tvorbu rozsáhlých a složitých znalostních, resp. expertních systémů. Vyznačuje se dokonalou grafickou podporou, podpůrnými nástroji pro práci s rozmanitými prostředky reprezentace poznatků, odvozování apod. Poskytují celé bloky pro všechny potřeby programátora a jejich cena odpovídá množství práce, která byla zapotřebí při tvorbě tohoto prostředku.

Pro profesionální tvorbu softwarových produktů se obecně používají tzv. vývojové prostředí (Toolkits, IDE). Ve vývojových prostředích se dnes tvoří většina obsáhlých softwarových produktů včetně vývojových prostředí samotných. Jedná se obvykle o komplexní nástroje pro plnou podporu návrhu a realizaci rozsáhlých a složitých projektů, mezi něž můžeme zařadit i znalostní nebo expertní systémy. Vyznačují se obvykle propracovaným grafickým uživatelským rozhraním (GUI), podpůrnými nástroji pro práci s rozmanitými prostředky reprezentace poznatků, odvozování apod. Poskytují již hotové komponenty a části pro všechny potřeby programátora. Běžně dostupné jsou kvalitní textové editory poskytující plný komfort při psaní zdrojových kódů se zvýrazněním syntaxe, automatickým dokončováním kódu, předdefinovanými šablonami, průzkumníkem kódu atd.

Běžné je modelování vizuálních prvků v grafickém prostředí a jejich propojení s kódem pomocí formulářů. Pokročilá rozhraní umožňují práci ve skupinách, kontrolu a srovnání verzí, návrh aplikace pomocí komponent jazyka UML a řadu dalších pokročilých možností. [A.20]

5.10 Znalostní báze pro technické objekty

Aby bylo možné zpracovat znalostní bázi pro další využití v některém z expertních systémů (stávajícím nebo novém), je potřeba definovat domovní elektroinstalaci jako objekt (technický objekt), který může být popsán vlastnostmi a charakteristikami, které budou uvažovány pro další zpracování.

V oblasti techniky spočívá společenská potřeba v realizaci potřebných technických objektů, které by měly po uvedení do provozu mít takové vlastnosti, aby plnily na počátku dané cíle.

5.10.1 Životní cyklus technického objektu

Životní cyklus technického objektu je pojem obsahující všechny fáze – vznik, existenci a zánik technického objektu. Jedná se o veškeré procesy, které na objektu probíhají, mají technický charakter nebo jsou s ním spojeny. Pro životní cyklus jsou dle [A.32] charakteristické následující etapy.

- Přípravná etapa – začíná tzv. heuristickým momentem, tedy okamžikem, kdy vznikne nápad, myšlenka, námět na vytvoření technického objektu jako důsledek společenské poptávky. Přípravná etapa končí rozhodnutím jedince, resp. zakázkou začít organizovaně připravovat realizaci technického objektu.
- Návrhová etapa – námět je v rámci projektových a konstrukčních činností rozpracován do všech detailů tak, aby technický objekt mohl být realizován a mohly být zdůvodněny a garantovány jeho vlastnosti v budoucím provozu. Tato etapa je nejdůležitější etapou v životě technického objektu, protože určuje ideovou kvalitu.
- Realizační etapa – technický objekt je v souladu s technickou dokumentací realizován.

Uskutečnění návrhové a realizační etapy je především technickou záležitostí. V rámci této práce se budeme zabývat etapou návrhovou. V další části bude vytvořena částečná znalostní báze pro oblast domovních elektroinstalací s využitím všech možností uvedených v předchozích kapitolách.

Na základě této báze budou dále nastíněny možnosti využití znalostních systémů pro domovní elektroinstalace, jejich výběr na základě parametrů definovaných uživatelem a následná zpětná vazba o vybraném systému.

6 ZNALOSTNÍ BÁZE, ONTOLOGIE A MODELOVÁNÍ

Vytvoření specificky zaměřeného expertního systému je složitá a časově náročná činnost. Jednou z významných složek znalostního systému, resp. expertního systému je znalostní báze. Základem této části práce proto bude seznámení s ontologií, pojmem sémantický web a příklady vytvoření báze znalostí v oboru domovních elektroinstalací a souvisejícími systémy za pomoci různých prostředků resp. prostředí.

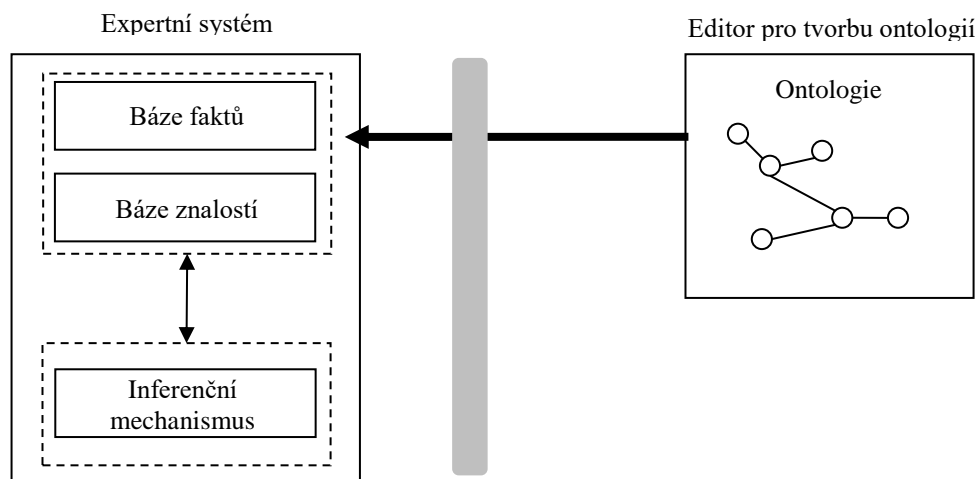
6.1 Ontologie a modelování znalostí

V průběhu 90. let se začalo stávat zřejmým, že WWW se stane zdrojem informací mimořádného rozsahu. Současně však vyvstávaly problémy spojené s nestrukturovaností a nespolehlivostí informací na něm umístěných. To bylo vítanou příležitostí pro znalostní inženýrství přiblížit k reálným aplikacím. V rozmezí let (přibližně) 1996–2002 proto vznikla celá skupina částečně na sebe navazujících ontologických jazyků, usilujících o doplnění formální sémantiky k webovým stránkám, ev. i aplikacím s webovým rozhraním.

6.1.1 Ontologie

S pojmem ontologie se můžeme setkat jak ve filosofii, tak v oblasti sémantického webu. V originále znamená ontologie nauku o bytí. Ve vztahu k sémantickému webu jsou ontologie chápány jako definice pojmů a vztahů mezi nimi. Slouží k popisu tzv. domény (oblasti) lidského zájmu/světa. Takováto oblast pak obsahuje jednotlivé třídy, které jsou propojeny relacemi. Objekty v této doméně a jejich propojení ontologie popisuje pomocí 4 prvků: jedince, třídy, atributu a vazby. Někdy se uvádí také pátý prvek - událost.

Ontologie slouží k reprezentaci báze znalostí znalostních, resp. expertních aplikací.



Obr. 6-1 Ontologie a expertní systém [A.28]

Ontologie je možné rozdělovat dle různých hledisek, nejčastěji se však rozdělují podle zdroje konceptualizace [D.14]:

- generické ontologie (ontologie vyššího řádu) – zachycování obecných zákonitostí,
- doménové ontologie – určeny pro specifickou věcnou oblast (nejčastější),
- úlohové ontologie (reprezentační ontologie či metaontologie) – zaměřeny na procesy odvozování,

- aplikační ontologie – adaptovány na konkrétní aplikaci (zpravidla zahrnují doménovou i úlohovou část).

Z pohledu znalostního inženýrství lze tedy ontologii chápat jako znalostní strukturu, která je vybudována za účelem:

- sdílení informací a znalostí mezi lidmi navzájem,
- sdílení informací a znalostí mezi stroji navzájem,
- sdílení informací a znalostí mezi lidmi a stroji,
- znovupoužití doménových znalostí,
- využití explicitních znalostí, které se zpřístupní jiným,
- oddělení doménových znalostí od operačních (procedurálních),
- analýzy určité domény. [D.15]

Ontologie mohou v mnohém vylepšit fungování webu. V nejjednodušším případě se může jednat např. o přesnost vyhledávání – vyhledávač se může zaměřit je na ty stránky odpovídající danému konceptu (a nikoli dvojznačným nebo dokonce víceznačným klíčovým slovům). Ontologie představuje jeden z nejčastějších přístupů pro záznam znalostí.

6.1.2 Sémantický web

Sémantický web je rozšířením současného webu, v němž informace mají přidělen dobře definovaný význam lépe umožňující počítačům a lidem spolupracovat. Sémantický web představuje reprezentaci dat na WWW. Je založen na technologii RDF, která integruje širokou škálu aplikací využívajících syntaktický zápis v XML a identifikátory URI pro pojmenovávání. Sémantický web představuje pouhé rozšíření konceptu a doplnění popisných metadat do webu stávajícího nikoliv jeho novou verzi. Tato data by přitom měla být zapsána pomocí strojově čitelných jazyků a jejich součástí by měla být také použitá slovní zásoba a soubor vztahů mezi jednotlivými pojmy. [A.28, A.33, D.14]

Jde tedy o to, aby data prezentovaná na internetu měla přesně definovaný význam a dovozovala do značné míry automatizované (strojové) zpracování. Jedním ze základních kroků k vytvoření sémantického webu je konceptualizace dat dostupných na internetu. Jedním z klíčových nástrojů konceptualizace jsou ontologie. Ontologie lze charakterizovat jako formalizované reprezentace znalostí určené k jejich sdílení a znovupoužití. Ontologie jsou často doménového (oborového) zaměření a bývají konstruovány jako pojmové (konceptuální) hierarchie nebo sítě.

(Polo)automatizované zpracování informací v sémantickém webu může být realizováno pomocí softwarových agentů, což jsou do určité míry autonomní inteligentní programové komponenty pohybující se obvykle v distribuovaném prostředí a schopné realizovat "na účet toho, kdo je pověřil" požadavky na vyhledávání informací, realizaci transakcí apod.

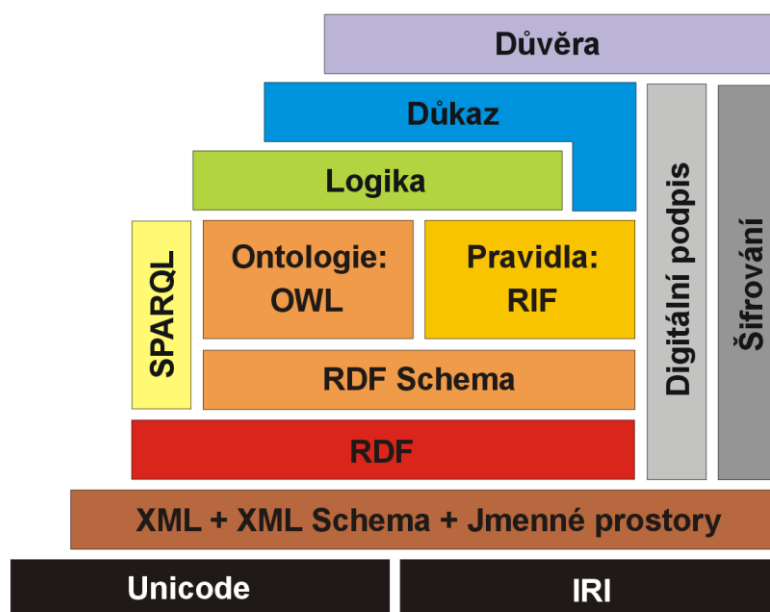
Důležitým předpokladem sémantického webu je rovněž standardizovaný popis webových zdrojů. Zdrojem se v této souvislosti rozumí cokoli, co je dosažitelné prostřednictvím sítě WWW, tedy textové dokumenty, obrázky, videosekvence, zvukové soubory apod. Každý zdroj by byl vybaven stejnými charakteristikami (autor, typ zdroje, klíčová slova atd.), což by umožnilo uživatelům internetu pracovat se sítí WWW jako s relační databází a dotazovat se na její obsah prostřednictvím jazyků podobných SQL. Významným důsledkem

by například byla velmi vysoká přesnost a relevance odpovědi na vyhledávací dotaz, což znamená, že by byl uživateli při vyhledávání určité informace vrácen seznam všech zdrojů, které se této informace týkají, a žádný zdroj navíc.

Na klasickém webu je však téměř nemožné prosazení jednotného jazyka a vymezení jednotné slovní zásoby, což je fakt plynoucí jednak z principu decentralizace samotného webu, ale také z povahy zpřístupňovaných informací – z globálního hlediska se v podstatě jedná o všechny myslitelné oblasti znalostí, v nichž je obecně problém najít byt' jen částečnou jednotu či shodu.

O to se však sémantický web nesnaží. Jeho myšlenka je založena především na flexibilním a otevřeném datovém modelu s odpovídajícími datovými jazyky tak, aby vyhovoval této nekonečné rozmanitosti webu.

Sémantický web je ve své podstatě faktická kompozice několika technologií, mezi kterými je zaveden určitý hierarchický vztah jednotlivých vrstev:



Obr. 6-2 Schématická struktura vrstev Sémantického webu

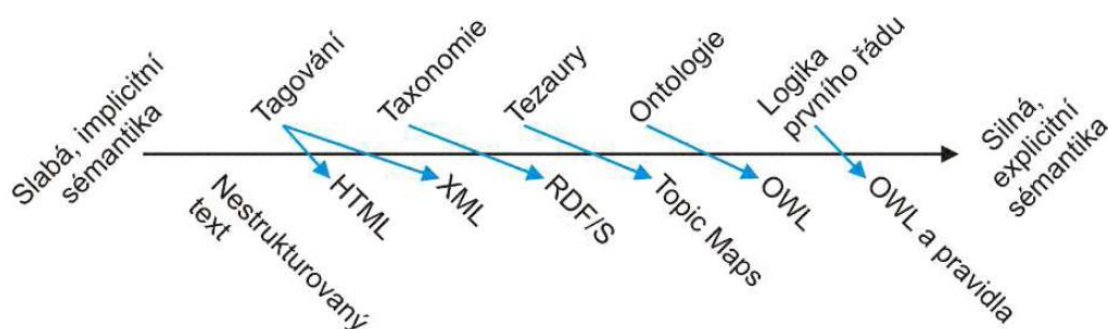
Celý koncept sémantického webu je, podobně jako u webu stávajícího, postaven na veřejném identifikátoru URI, který pomocí řetězce znaků dokáže identifikovat zdroj informace. Technologickým základem pomyslné pyramidy jsou také značkovací postupy a technologie XML, které pomáhají vytvoření strukturovaného dokumentu s vlastními značkami (tagy). Následuje technologická vrstva RDF, která umožňuje definovat vztahy mezi objekty (zdroji). Následující vrstva, která umožňuje zachycování složitějších ontologických struktur, je realizována prostřednictvím jazyka OWL.

Logická vrstva nám dovoluje popsat vztahy mezi jednotlivými objekty komplexněji a díky aplikování použitelné deskripční logiky provádí odvozování implicitních informací za pomoci dotazování SPARQL na základě určitých pravidel RIF. Poslední vrstva Důvěry má pak zajistit spolehlivost a pravdivost jednotlivých informací s využitím digitálního podpisu nebo šifrování.

Sémantické informace vpletené do běžného webu umožňují počítači manipulovat s daty inteligentněji. Například slovo „škola“ vyskytující se na běžném webu je pro počítač pouze

řetězec pěti znaků. Na sémantickém webu je však možné označit slovo „škola“ identifikátorem pojmu škola v mnohem širším popisu pojmů a jejich vzájemných vztahů, běžně označovaných jako ontologie. Počítač pak v ontologii například zjistí, že škola je vzdělávací zařízení, které přijímá studenty a že student je člověk, který má studentský průkaz. Vyskytuje-li se pak ve vyhodnocovaném textu třeba informace „doktorand studuje na této škole“, je následně pro počítač snazší odvodit, že doktorand je student, který má také studentský průkaz, což však je znalost z úvodní formulace jasně nevyplývající. Nejdříve ale musí existovat ontologie, která takové vztahy popisuje, a text musí být anotovaný (doplňený o významové značky).

Samotná tvorba ontologií povětšinou spočívá v manuálním vývoji. Automatické odvozování ontologií je stále předmětem aktivního výzkumu a obdobně je tomu i se sémantickým značkováním, které ve většině případů také často probíhá ručně, ale existuje již také několik automatických a poloautomatických variant.



Obr. 6-3 Sémantické spektrum a jeho vyjádření v závislosti na užití technologii zápisu

Na Obr. 6-3 je vyobrazeno sémantické spektrum pokrývající rozsah výsledné sémantiky od slabé, implicitní až po silnou, explicitní vyjadřovací schopnost. Je zcela zřejmé, že prostý nijak nestrukturovaný text bude mít pro následné zpracování webovým vyhledávacím strojem mnohem menší vypovídající hodnotu než dokument, v kterém byl uplatněn alespoň jeden ze základních principů sémantické úpravy informací (převzato z [A.33], upraveno a doplněno):

- Tagování – označování obsahu prostřednictvím přiřazování klíčových slov bez ohledu na formát. Tagy zajišťují klasifikaci obsahu, popisují webový dokument a umožňují následné zpětné dohledání informace.
- Taxonomie – vyjadřuje hierarchické uspořádání ve sjednoceném tvaru klasifikačního systému zařazení zpracovávané informace do určité skupiny, třídy, které jsou sdružovány nejčastěji ve formě stromových struktur, kdy pokud uživatel hledá vhodnou třídu, pak se postupuje nejprve od vyšších obecnějších skupin směrem dolů k detailnějším.
- Tezaurus – seznam slov, který ke každému z nich navíc může přiřadit jeho alternativní vysvětlení a význam pro synonyma, antonyma, případně další doplňující či naopak zobecňující termíny významu daného slova na základě definovaného řízeného slovníku deskriptorů.
- Ontologie – soubor tříd, jejich vzájemných vazeb a atributů z určité vyčleněné oblasti zájmu, poskytující možnost uchování a předávání znalostí ve formě otevřeného datového modelu grafové struktury.

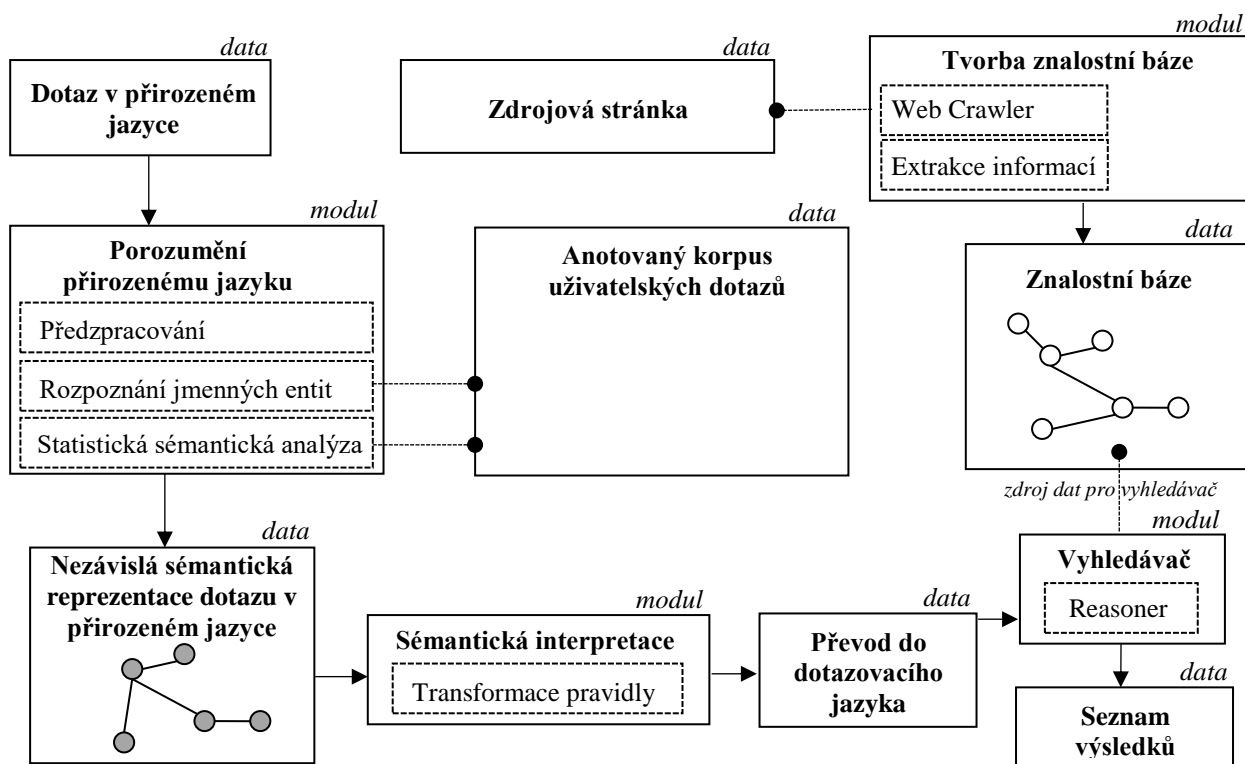
- Logika prvního řádu – je rozšířením jednoduché logiky výrokové o kvantifikační výrazy jako každý, všichni, někteří či žádný, díky čemuž je možno rozlišit v každé větě individuum, o němž se něco predikuje (odtud také analogické pojmenování predikátová logika) a následně také porovnává ekvivalentnost dvou výrazů.

Sémantický web je propagován již léta, přesto se však dosud nedočkal významnějšího rozmachu, pravděpodobně protože je oproti stávajícímu webu pro běžného uživatele příliš komplikovaný.

Postupem času proto vznikají jednodušší způsoby, jak do stávajícího či nově vytvářeného obsahu sémantickou informaci přidat. Jedná se zejména o již v současnosti využívané RDF, Mikrodata a Mikroformáty, které představují snadnější podporu pro následné strojové zpracování takto sémanticky označených dokumentů nebo dnes již běžnou sumarizaci obsahu pomocí RSS nebo ukládání a klasifikace pomocí popisných ontologií.

6.1.3 Systémová architektura a zpracování dotazu

Porozumění přirozenému jazyku – NLU (Natural Language Understanding), představuje jádro celého procesu počítačového zpracování dotazů v přirozeném jazyce, které jde ruku v ruce s aktuálním vývojem sémantického webu – s tím rozdílem, že NLU z historického hlediska (např. v aplikacích pro převod lidské řeči na text) byl vnímán jako prostředník mezi člověkem a počítačem. Zde však v duchu myšlenky sémantického webu půjde především o formalizovanou výměnu webových dat, přístupných současně jak pro lidi, tak i počítače. Na Obr. 6-4 je popsána procesní systémová struktura a zpracování dotazu v přirozeném jazyce.



Obr. 6-4 Schéma procesu zpracování dotazu v přirozeném jazyce

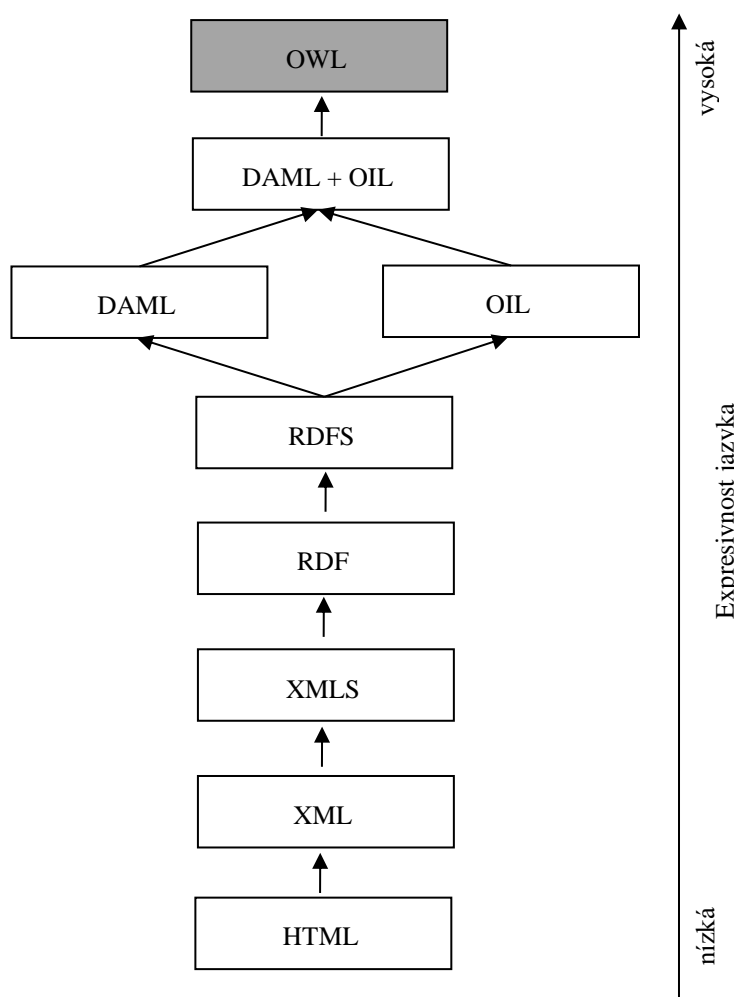
Uživatel na vstupu položí dotaz v přirozeném jazyce, přičemž zde nejsou žádná omezení, co se délky dotazu týče a lze tedy následně analyzovat jak jednoduché věty či klíčová slovní spojení, tak i rozvitá souvětí nebo dokonce celé odstavce textu. Dotaz je analyzován

prostřednictvím NLU komponenty a následně porovnán s výstupem sémantické reprezentace stejného dotazu z nezávislé znalostní báze.

NLU komponenta sestává ze tří základních bloků pro předzpracování dotazu, rozpoznání jmenné entity a sémantického analyzátoru, který navíc využívá statistického modelu a k němu přidruženého korpusu sémanticky anotovaných dat, tvořených souborem hojně frekventovaných uživatelských dotazů. Modul sémantické interpretace pak na základě transformačních pravidel takto anotovaná data z konkrétního dotazu v jazyce přirozeném převádí do podoby dotazovacího jazyka (zde např. SPARQL) a následně se již ve formě strojově zpracovatelného výrazu posílají dále proti znalostní bázi, tvořené již předem extrahovanými informacemi a tedy sémanticky obohacenými znalostmi, kde za využití sémantického odvozovacího modulu tzv. reasoneru, dochází k inferenci relevantních dat, která jsou nakonec ve formě seznamu odpovídajících výsledků zobrazena uživateli.

6.2 OWL – jazyk pro webové ontologie

OWL (Ontology Web Language) je značkovacím jazykem vyvinutým organizací W3C (World Wide Web Consortium) pro tvorbu ontologií využitelných v prostředí sémantického webu. Obsahuje množinu axiomů popisující třídy, vlastnosti a vztahy mezi nimi. Na jeho vývoji a rozšiřování se pracuje i nadále. [D.15]



Obr. 6-5 Vývoj k jazyku OWL

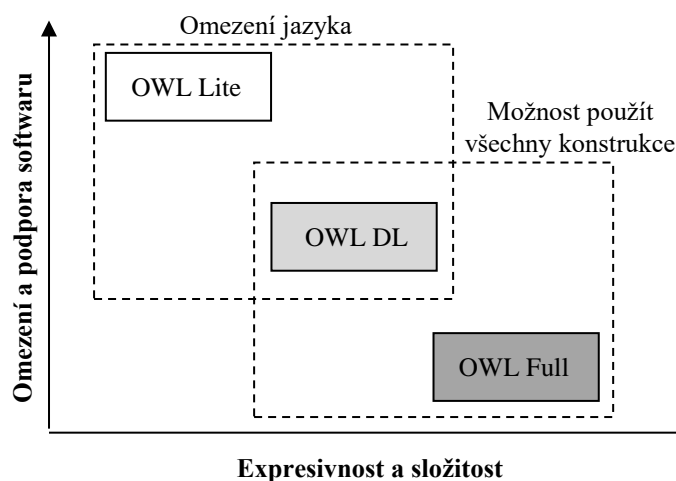
OWL jazyk se vyvinul z jazyka DAML+OIL (kombinace vlastností jazyků DAML a OIL), který nabízel o něco málo více rozšíření než RDF(S). DAML+OIL byl takovým startovním bodem pro reprezentaci znalostí v prostředí sémantického webu. Dalším cílem mělo být vytvoření jazyka, který by byl ještě expresivnější (tj. měl bohatší sémantiku - slovník pro reprezentaci znalostí) než DAML+OIL a přitom měl být kompatibilní s jazyky XML a RDF. Samozřejmě mělo být možné s jeho pomocí i odvozovat nové skutečnosti z již existujících. Výsledkem byl jazyk OWL pro tvorbu webových ontologií. OWL je dokonalejším po stránce bohatosti jazyka než XML, RDF a RDF(S).

Pro tvorbu ontologie v jazyce OWL můžeme využít jednu ze tří možností [D15]:

- OWL-Lite,
- OWL-DL,
- OWL-Full.

Pro výběr vhodné z výše uvedených možností záleží na tom, jakou ontologii, jak složitou chceme vytvořit. Jestliže budeme chtít větší expresivnost (= vyjadřovací sílu, bohatost jazyka), musíme brát ohled i na dostupný software. Větší vyjadřovací síla vyžaduje schopnější, resp. komplexnější programové vybavení. Když chceme použít všechny OWL konstrukce - OWL Full a OWL DL je dobrou volbou - pro odvozování spíše OWL DL.

Při požadavku využít všech konstrukcí, ale s tolerancí určitých omezení - OWL DL je vhodné. Obr 6-6, který je převzat ze zdroje [D.15], vystihuje verze OWL spolu s jejich složitostí a expresivností.



Obr. 6-6 Dialekty jazyka OWL

6.2.1 OWL-Lite

Syntakticky nejjednodušší verze OWL, kterou je dobré použít v případě vytváření méně strukturované ontologie s jednoduchými omezeními. Disponuje totiž nejnižší úrovní složitosti, nepoužívá určité elementy, které jsou ve vyšších verzích OWL. Nepoužívá třeba sjednocení (`owl:unionOf`), doplněk (`owl:complementOf`) nebo neoperuje s disjunktností tříd (`disjointWith`). Je vhodné ji také použít v případech rozšíření databáze, XML, RDF konstrukce o OWL reprezentaci.

6.2.2 OWL-DL

Je složitější než OWL-Lite a založena na deskripční logice. S OWL-DL je možné realizovat odvozování, např. určit ontologickou hierarchii a případně zkontrolovat, jestli je konzistentní. S její pomocí můžeme tvořit komplexnější popisy a definice tříd. Obsahuje všechny konstrukce OWL Full, ale jejich použití je omezené.

6.2.3 OWL-Full

Obsahuje všechny elementy a konstrukce jazyka. Nemá žádná omezení, ale odvozování s ní je obtížné. Důvodem jsou omezení současných DL odvozovačů (klasifikátorů). Tuto verzi můžeme považovat za rozšíření jazyka RDF.

6.3 Ontologie v prostředí Protégé

Vytváření ontologií OWL umožňuje open source editor Protégé, který je založený na konceptech jazyka OWL. Tato platforma podporuje dva způsoby modelování ontologií, a to prostřednictvím Protégé-Frames a Protégé-OWL editorů. Je postavena na jazyce Java, je rozšiřitelná a poskytuje plug-and-play prostředí, které zajišťuje flexibilní základ pro rychlé prototypování a vývoj aplikací. Ontologie vytvořené v Protégé je možné exportovat do formátů RDF, OWL a XML schémat.

Základními stavebními prvky ontologií v Protégé jsou:

- třídy (Classes),
- individua (Individuals),
- vlastnosti (Properties).

6.3.1 Třídy

Třídy jsou hlavní stavební složky OWL ontologií. Třídy interpretujeme jako množinu obsahující individua. Specifikujeme je použitím formálních konstrukcí, které stanovují přesné požadavky na členství v dané třídě. Třídy můžeme taxonomicky organizovat do hierarchií podtříd a nadtříd, kde podtřídy specializují své nadtřídy. V OWL podtřída značí nutnou implikaci a tedy všechny instance podtřídy jsou instancemi nadtřídy bez výjimky.

6.3.2 Individua (Jedinci)

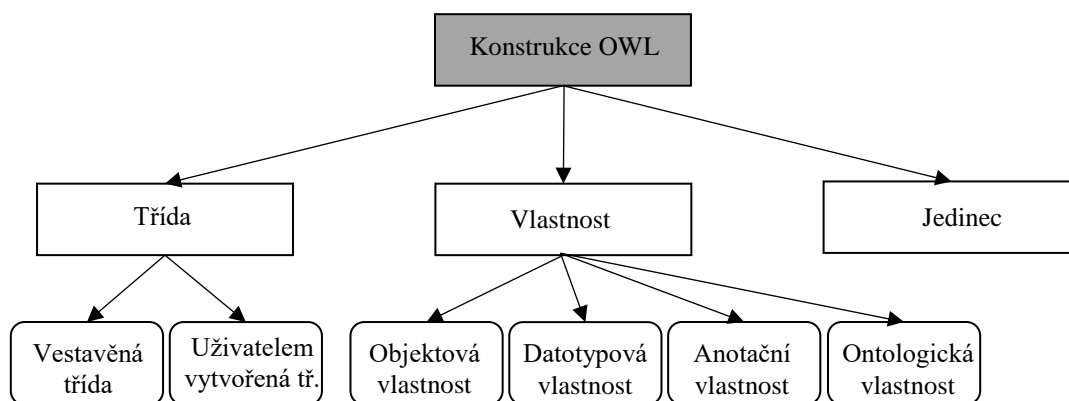
Individua reprezentují objekty zájmové domény. OWL na rozdíl od Protégé nepředpokládá jedinečnost jména. Z tohoto důvodu se dvě odlišná jména mohou vztahovat ke stejnému individuu, proto musí být explicitně stanoveno, zda jsou individua shodná nebo odlišná. Individua lze také použít k popisu tříd, konkrétně v hasValue restrikcích a výčtových třídách. V některé literatuře [A.28] je místo individua využit prvek Jedinec. Jedinec reprezentuje určitý objekt domény, který náleží určité třídě. Jedinec může patřit jedné nebo více třídám. Jedinec je instancí třídy.

6.3.3 Vlastnosti

Vlastnosti jsou binární relace na individuích, které spojují dvě individua (přesněji řečeno instance vlastností spojují dvě individua). V deskripční logice jsou vlastnosti známy pod pojmem role a v rámci UML a dalších objektově orientovaných notací jsou označovány pojmem relace. Vlastnosti reprezentují vztahy. Dva hlavní typy vlastností v Protégé jsou vlastnosti objektů (Object properties) a vlastnosti s datovým typem (Datatype

properties). OWL má také třetí typ vlastností, který se nazývá anotační vlastnosti (Annotation properties) a oba výše zmíněné hlavní typy vlastností mohou být označeny jako anotační vlastnosti.

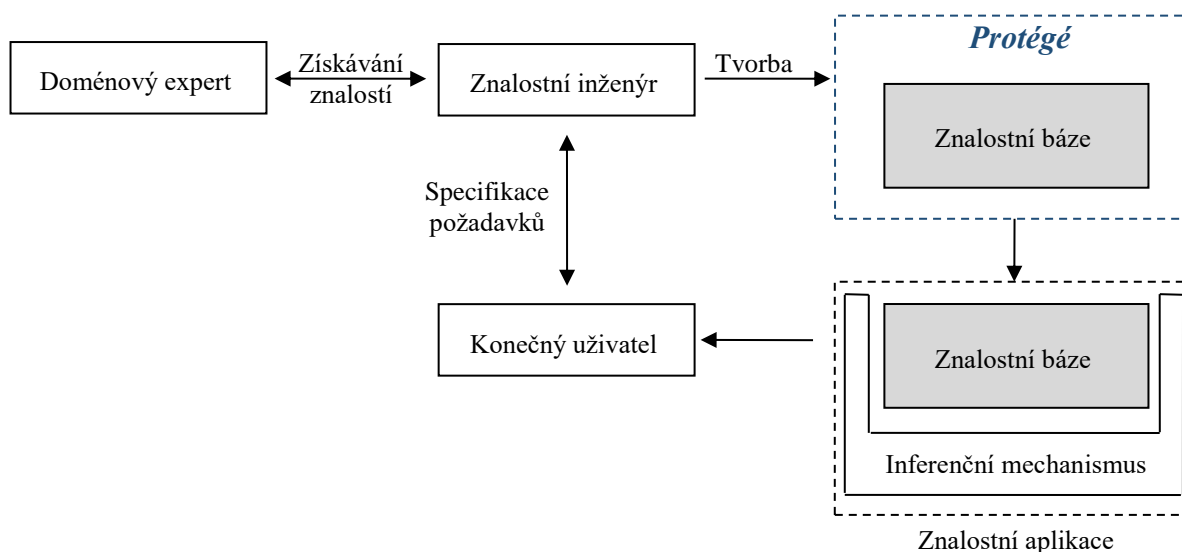
Obdobně jako u tříd je i u vlastností možné tvořit jejich hierarchie. Vlastnosti na nižší úrovni hierarchie specializují vlastnosti, které se nachází na vyšší úrovni nad nimi, a to způsobem obdobným specializaci nadtřídy její podtřídou. V rámci vlastností na nižší úrovni pod jinou vlastností ale není možné kombinovat objektové vlastnosti a vlastnosti s datovým typem. Není tedy možné vytvořit objektovou vlastnost, která je v hierarchii pod vlastností s datovým typem a obráceně. Obr 6-7, který je převzat ze zdroje [D.15], graficky a přehledně zobrazuje základní prvky ontologického modelu v jazyce OWL resp. prostředí Protégé.



Obr. 6-7 Prvky ontologického modelu

6.3.4 Modelování v prostředí Protégé

Původním cílem bylo usnadnit práci znalostním inženýrům při vývoji tzv. znalostníchází. Obr 6-4 ukazuje souvislost mezi Protégé a znalostní aplikací obsahující bázi znalostí. Protégé není expertní systém ani program, který přímo slouží k jejich tvorbě, ale pomáhá vytvářet jejich jednu hlavní část - bázi znalostí. Tím, že bude báze znalostí vytvářena odděleně od tvorby znalostní aplikace, je možné ji lépe udržovat a spravovat.



Obr. 6-8 Architektura znalostního systému s využitím nástroje Protégé [D.13]

Výsledkem práce v Protégé je tedy vlastně báze znalostí, ve které jsou definovány vzájemné vztahy a vlastnosti mezi jednotlivými třídami a tato znalostní báze je základní součástí komplexní znalostní aplikace.

Před tím, než začne být tvořena jakákoliv ontologie, tak je vhodné mít odpovědi na následující otázky:

- pro koho je ontologie tvořena,
- proč ji tvoříme,
- do jaké doby má být vytvořena.

Tyto otázky jsou spojené s požadavky od zadavatele projektu. Výchozím předpokladem pro tvorbu ontologie v oblasti domovních instalací bude to, že ji budeme vytvářet pro potřeby projektanta těchto instalací a s tím souvisejících systémů (malé zdroje elektrické energie, akumulace energie, řízení jednotlivých systémů atd.), který má sice základní přehled v této oblasti, ale vzhledem k velkému množství souvisejících systémů nebo způsobů řízení těchto systémů jsou jeho znalosti omezené. Na základě těchto uvedených faktů můžeme jednoznačně definovat důvody pro tvorbu ontologie jako usnadnění výběru domovní instalace a související systémy v návaznosti na konkrétní požadavky a zlepšení orientace projektanta v této oblasti.

Se samotnou realizací projektu jsou spojené následující otázky:

- jaké problémové oblasti se bude ontologie týkat,
- jaký rozsah má ontologie mít,
- v jakém ontologickém jazyce a prostředí bude vyvíjena,
- v jakém jazyce má být vytvořena (angličtina, čeština, latina, němčina,...),
- stanovení konvencí pro tvorbu ontologie.

Ontologie vždy modeluje určité koncepty, které se týkají určité problémové oblasti (domény). Pro tvůrce ontologie je vždy velmi obtížné stanovit její rozsah tak, aby byl schopen tuto ontologii realizovat a aby zároveň vyhovovala požadavkům zadavatele. Téměř s jistotou vždy nalezneme chybějící instance nebo třídy, které by podle našeho názoru lépe vystihovaly popisovanou situaci.

Tvůrce ontologie by se měl smířit s tím, že ontologie nebude nikdy úplná, protože všechny třídy, vlastnosti a jedince nejde do ontologie zahrnout, vzhledem k neustálému vývoji popisované problematiky. Tvorba ontologie je vlastně neustále trvajícím procesem.

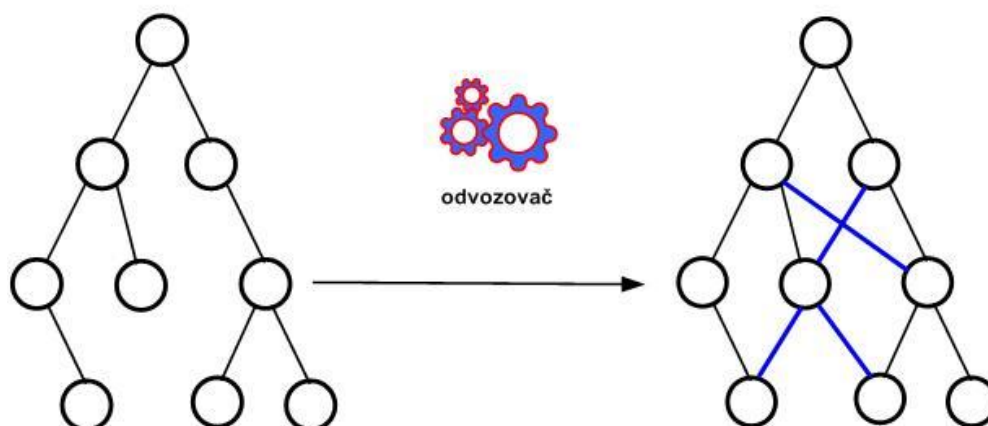
6.3.5 Normalizovaná ontologie

Normalizovaná ontologie je technika, která pomáhá pomocí klasifikátoru uchovávat ontologii v udržitelném a modulárním stavu. Základem normalizované ontologie je to, že je ontologie vytvářena jako stromová struktura nikoliv jako graf.

Hlavním cílem je tedy zamezit vzniku tzv. vícenásobné dědičnosti. Vícenásobná dědičnost znamená, že třída XY má více nadtříd. Někde se však vícenásobné dědičnosti nelze vyhnout. Klasifikátor sám na základě podmínek uvedených u definovaných a popsáných tříd, tu vícenásobnou dědičnost vytvoří. Výhodou je, že klasifikátor je možné spouštět několikrát, takže bude vícenásobná dědičnost zachovávána.

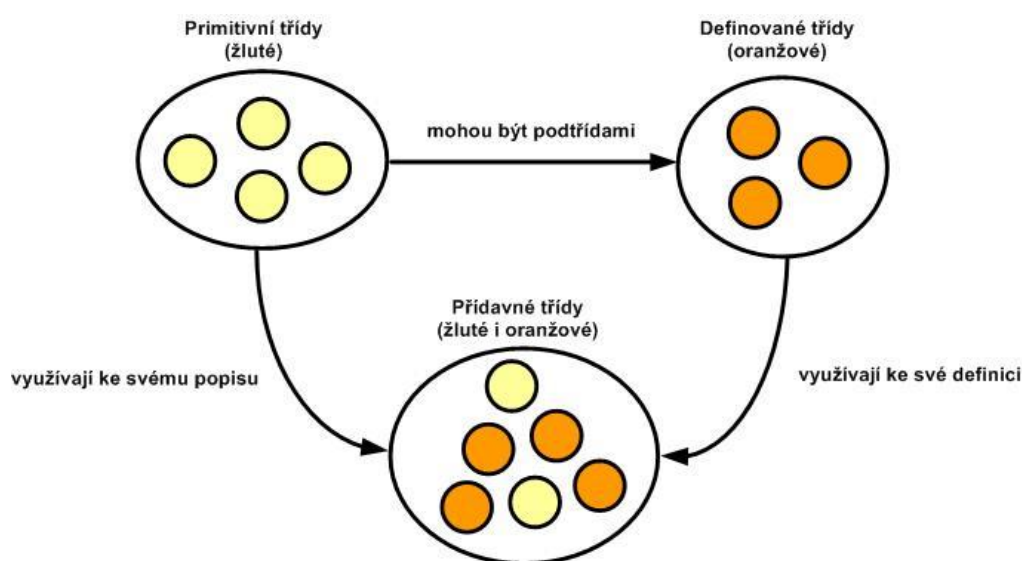
NORMALIZOVANÁ ONTOLOGIE

ONTOLOGIE S VÍCENÁSOBNOU DĚDIČNOSTÍ



Obr. 6-9 Normalizace ontologie

Normalizovaná ontologie je tvořena tak, že jsou nejprve vytvořeny tři základní skupiny (třídy) tj. skupina s Definovanými třídami (DefinableClass) vymezenými nezbytnými a postačujícími podmínkami, Primitivními třídami (PrimitiveClass) vymezenými jen nezbytnými podmínkami a Přídavnými třídami (ModifiedClass), které slouží k tvorbě podmínek tříd primitivních i definovaných. Do nich jsou pak rozmístěny příslušné třídy, viz Obr. 6-10.



Obr. 6-10 Vztahy mezi třídami Definovanými, Primitivními a Přídavnými

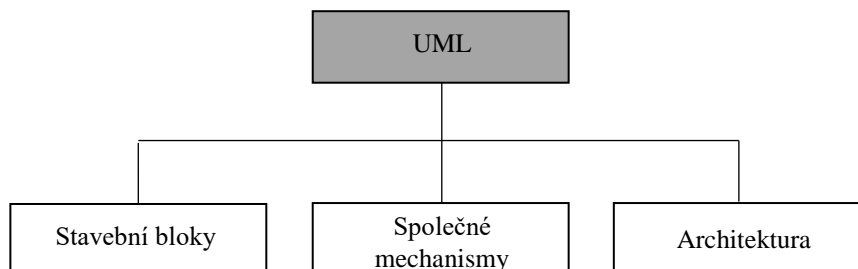
6.4 UML

Jazyk UML je univerzální jazyk pro modelování systémů ve vizuální podobě. Tento jazyk byl navržen kvůli spojení nejlepších postupů modelovacích technik a softwarového inženýrství. Jazyk UML je navržen tak, aby jej mohly implementovat všechny nástroje CASE (computer-aided software engineering). Diagramy tvořené v UML jsou pochopitelné pro lidi, ale také je mohou snadno interpretovat i programy CASE. Jazyk UML nenabízí žádný druh metodiky modelování, poskytuje pouze vizuální syntaxi, kterou je možné použít při sestavování modelů.

Cílem jazyka UML je poskytnout systémovým architektům, softwarovým inženýrům a vývojářům nástroje pro analýzu, návrh a implementaci softwarově orientovaných systémů

a také nástroje pro modelování podnikových a obdobných procesů. UML je zamýšlen jako univerzální standard pro záznam, konstrukci, vizualizaci a dokumentaci artefaktů systémů s převážně softwarovou charakteristikou. [A.33]

Struktura jazyka UML je znázorněna na diagramu níže:



Obr. 6-11 Struktura jazyku UML [A.33]

Jazyk UML je sestaven ze tří stavebních bloků:

- předměty – samotné prvky modelu,
- vztahy – pojítka mezi předměty (související význam mezi předměty),
- diagramy – pohledy na model UML, vizualizace toho, *co* systém bude dělat a toho *jak* to bude dělat.

Vzhledem k možnostem využití jazyka UML bude součástí této části práce seznámení s jeho základy. Diagramy jsou nejznámější a nejpoužívanější částí standardu a proto se budeme v další části zabývat pouze jimi.

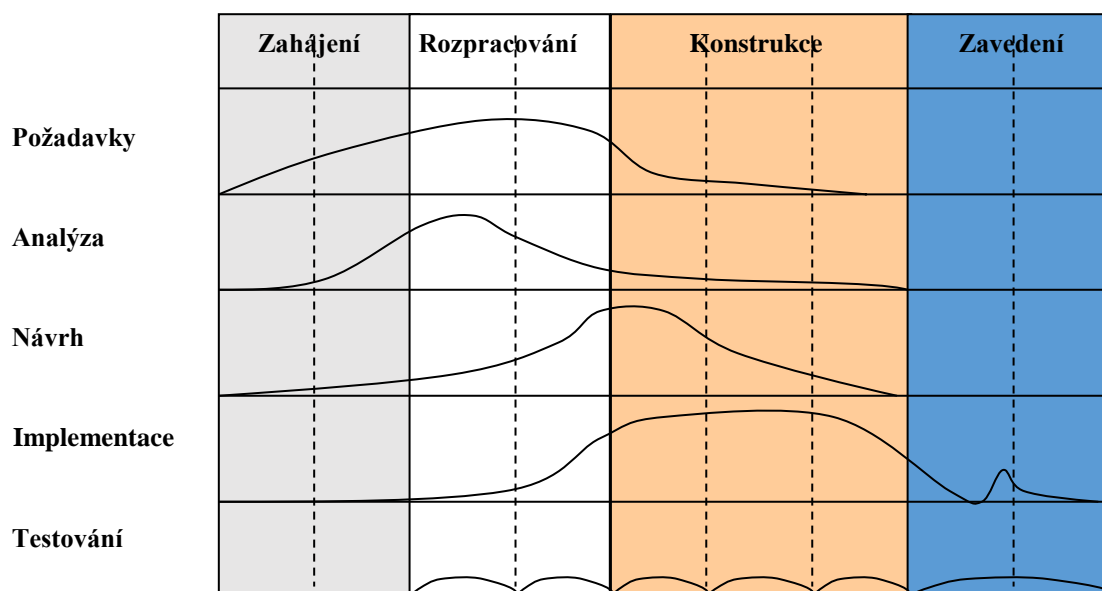
6.4.1 Fáze projektu v jazyce UML

Na Obr. 6-12 jsou uvedeny jednotlivé fáze projektu v jazyce UML. Většina práce při definici požadavků probíhá ve fázích zahájení a rozpracování, tedy hned na počátku celého projektu. Zde je definováno zejména to, co má systém dělat, což je označováno jako inženýrství požadavků (requirements engineering).

Specifikace softwarových požadavků je úplným začátkem procesu tvorby. Obecně se považuje za počáteční vstup k objektové analýze a následnému objektovému návrhu.

Většina aktivit ve fázi rozpracování se týká tvorby modelů, které zachycují požadované chování programového díla. Na Obr. 6-12 je vidět, že pracovní fáze analýzy a zachycování požadavků se z velké části kryje. Tyto dvě aktivity jsou tedy prakticky zpracovávány současně – dochází zde k ujasnění nebo doplnění požadavků v rámci analýzy.

Záměrem analýzy je tvorba analytického modelu. Tento model je zaměřen na to, *co* musí systém dělat, neříká však již, *jakým způsobem* to udělat. Problém jak to udělat je řešen až v pracovní fázi označené návrh. V praxi však hranice mezi fázemi analýza a návrh nejsou často jasně definovatelné.



Obr. 6-12 Jednotlivé fáze projektu v jazyce UML [A.33]

6.4.2 Diagramy UML

Ve všech nástrojích CASE založených na jazyku UML jsou každý nově vytvořený předmět nebo nově vytvořená relace automaticky přidávány do vznikajícího modelu. Model je úložištěm všech předmětů a relací vytvořených k tomu, aby popisovaly požadované chování navrhovaného softwarového systému.

Dokumentace v UML se nemusí skládat pouze z (více, či méně formálních) textů. Ze základních lexikálních elementů lze vytvářet dvourozměrné diagramy – rozmístíme na ploše určitou sadu elementů a případně je propojíme pomocí spojek. Teoreticky lze použít libovolné elementy a spojky, z hlediska unifikace je však výhodné, pokud zvolíme určitou sadu elementů, která je vhodná pro vyjádření některého smysluplného pohledu na modelovaný systém. Touto volbou jsme tedy definovali typ diagramu. Diagramy jsou pohledy na model nikoliv samotný model.

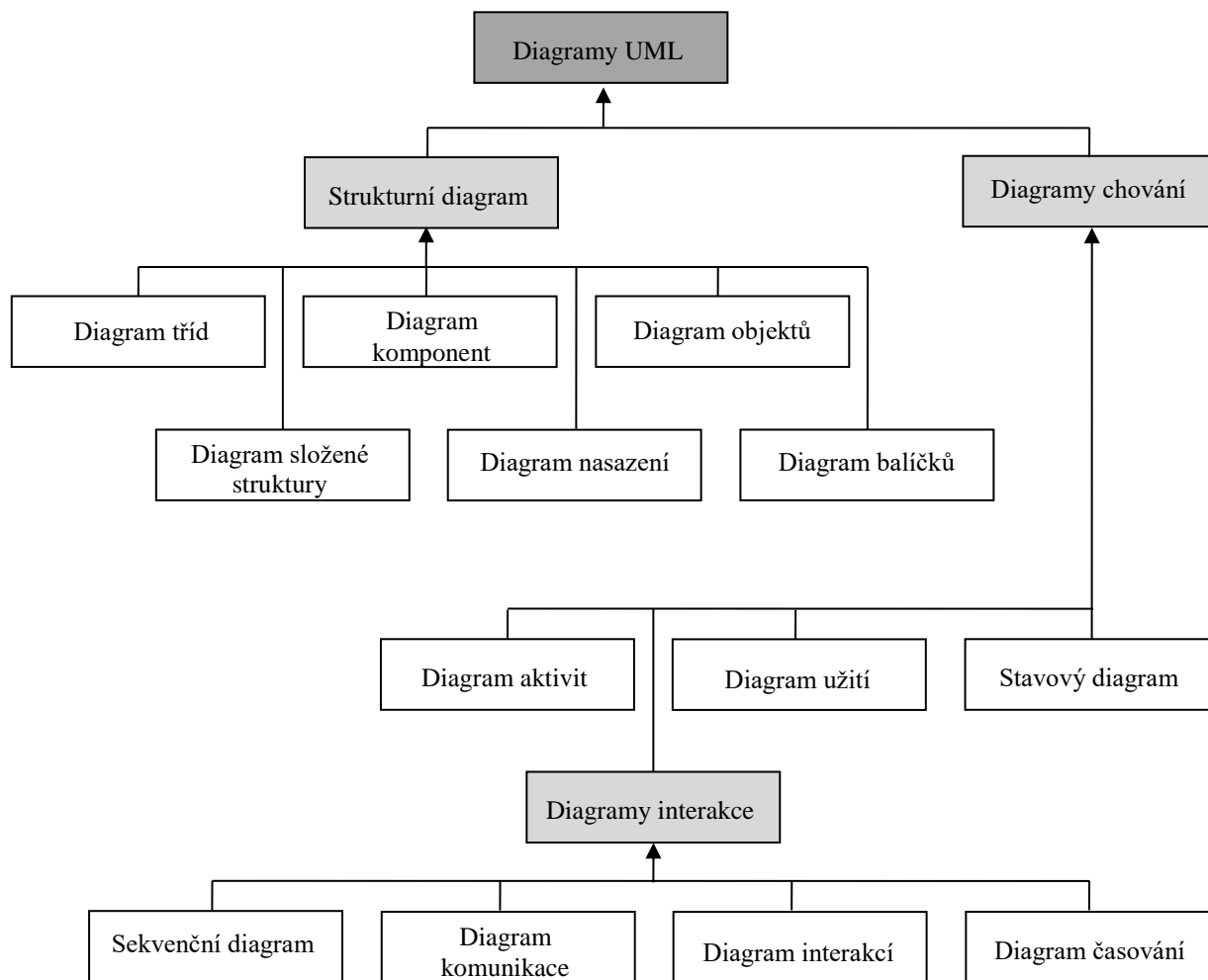
UML proto zahrnuje definici osmi typů diagramů, tj. osmi různých pohledů na model systému:

- diagramy tříd a objektů (class diagrams, object diagrams) - popisují statickou strukturu systému, znázorňují datový model systému od konceptuální úrovně až po implementaci,
- modely jednání (diagramy případů užití - use case diagrams) - dokumentují možné případy použití systému - události, na které musí systém reagovat,
- scénáře činností (sekvenční diagramy - sequence diagrams) - popisují scénář průběhu určité činnosti v systému,
- diagramy spolupráce (collaboration diagrams) - zachycují komunikaci spolupracujících objektů,
- stavové diagramy (statechart diagrams) - popisují dynamické chování objektu nebo systému, možné stavy a přechody mezi nimi,
- diagramy aktivit (activity diagrams) - popisují průběh aktivit procesu či činnosti,

- diagramy komponent (component diagrams) - popisují rozdělení výsledného systému na funkční celky (komponenty) a definují náplň jednotlivých komponent,
- diagramy nasazení (deployment diagrams) - popisují umístění funkčních celků (komponent) na výpočetní uzly informačního systému. [A.32, A.33]

Statickou strukturu systému vyjadřují diagramy tříd, diagramy spolupráce, diagramy komponent a diagram nasazení. Funkční stránku popisují model jednání, diagramy aktivit, scénáře činností a diagramy spolupráce. Dynamickou stránku dokumentují stavové diagramy, scénáře činností, diagramy spolupráce a diagramy aktivit.

Použití diagramů v jednotlivých fázích vývoje je dáno konkrétní metodikou, ale orientačně je možné říci, že v rámci analýzy se využívají diagramy tříd, model jednání, diagramy aktivit, scénáře činností a stavové diagramy. Pro fázi návrhu jsou typické diagramy tříd, diagramy spolupráce, diagramy aktivit, diagramy komponent a diagramy nasazení. Ve fázi implementace se používají diagramy tříd, diagramy komponent a diagramy nasazení. Níže je uvedeno přehledové schéma diagramů UML převzato a upraveno z [A.35, A.36].



Obr. 6-13 Přehledové schéma diagramů UML

UML se snaží být univerzální notací pro všestranné použití od obchodního modelování po detailní návrh systémů pro práci v reálném čase. Notace, která by vyčerpávajícím způsobem pokryla tak široké spektrum potřeb by ale byla velmi komplikovaná a složitá. UML proto definuje pouze základní část (UML core) a umožňuje rozšíření notace dle konkrétních potřeb. Rozšíření UML lze dosáhnout použitím jiného jazyka (než OCL) pro výrazy.

Standardní sémantiku UML je možno doplnit standardními omezeními, která umožňují změnit interpretaci elementů:

- příznaky (tags) – umožňují přidat k prvku diagramu další informace (atributy),
- omezení (constraints) – umožňují specifikovat omezení pro elementy (hodnoty atributů),
- stereotypy (stereotypes) – umožňují klasifikovat elementy.

Stereotypy umožňují klasifikovat elementy diagramů a tím vyjádřit další sémantiku. Zapisují se jako klíčová slova, ale mohou se případně zobrazit jako ikony, což se příliš nedoporučuje - porušuje to princip jednotnosti, neboť tyto ikony nejsou standardní. Jako příklad mohou posloužit stereotypy:

<<database>> (označení komponenty zabývající se správou dat)

<<entity>> (označení třídy reprezentující data)

Existují standardní stereotypy, např. <<include>>, <<extend>>, jejichž význam je definován sémantikou UML. Příznaky umožňují přidat k prvku diagramu další informace ve formě dvojice atribut=hodnota:

{ autor="Josef Novák", verze=1.2 }

Název atributu může být libovolný. Příznaky se zapisují do složených závorek, připojují se k názvu prvku diagramu a typicky je lze použít například ke specifikaci verze, autora, či implementačních poznámek. Omezení umožňují specifikovat požadavky na sémantiku prvků - lze pomocí nich formulovat různá omezení v modelu. Zapisují se jako výraz uzavřený do složených závorek. Příklad:

{ pocet_zdroju < 10 }

Omezení se může týkat více prvků - pak je spojeno s těmito prvky čárkovanou čarou. Často se kombinuje s poznámkami. Poznámka obsahuje libovolný text. Zobrazuje se jako obdélník s „přehnutým rohem“. Může být přidružena k elementu, může obsahovat stereotyp (např. <<constraint>> - pak se jedná o specifikaci omezení).

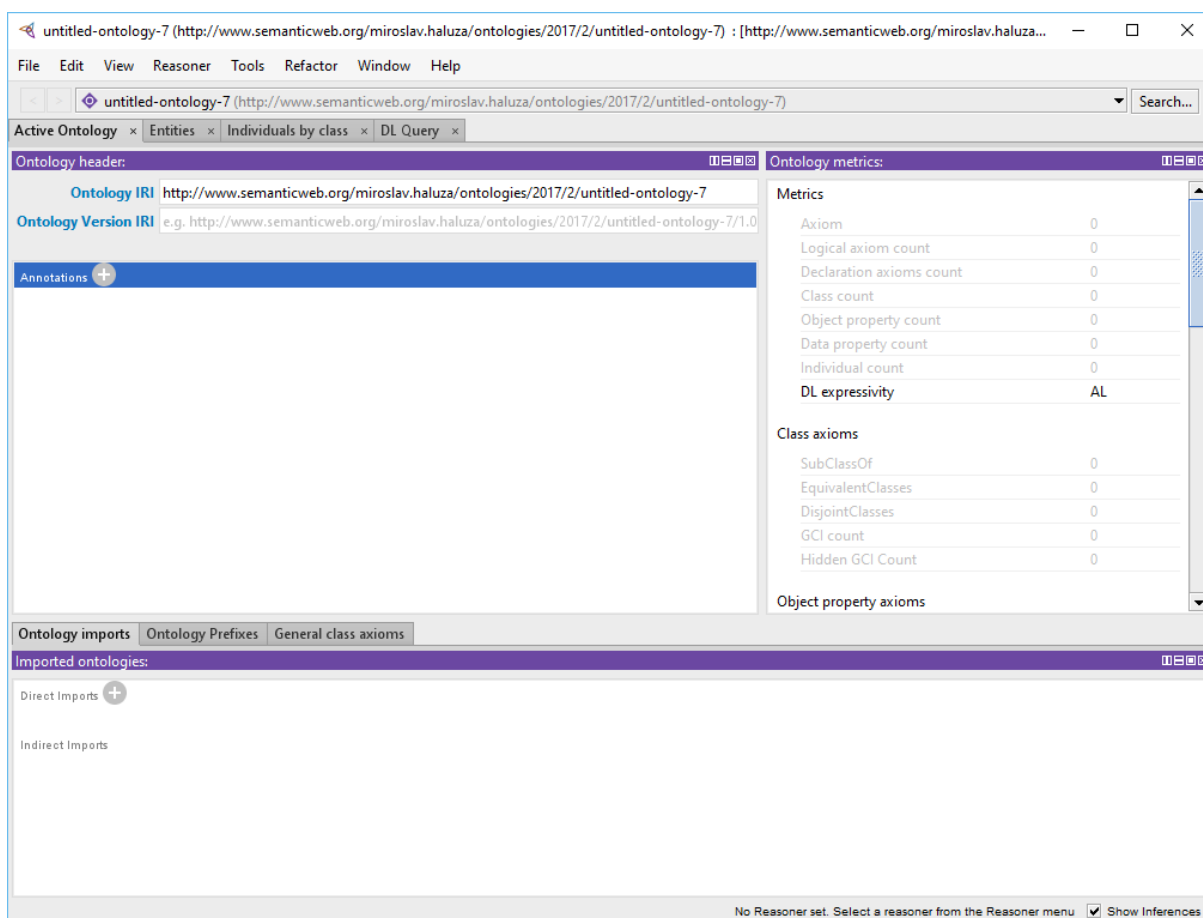
7 ZNALOSTNÍ BÁZE PRO DOMOVNÍ INSTALACE

7.1 Ontologie pro domovní elektroinstalace

V pojetí navrhovaného rozšíření systému pro zpracování dotazů prostřednictvím přirozeného jazyka, představuje znalostní báze samostatný modul, který zprostředkuje co možná nejkomplexnější popisné informace o specifické zájmové doméně ve formě strukturovaných dat. Východiskem při vývoji ontologií je zpravidla seznam relevantních termínů, s následným odlišením ontologických typů, specifikace taxonomie a také vytvoření netaxonomických relací, atributů a instancí.

Přestože nástroje pro vývoj a údržbu ontologií zaznamenaly v posledních letech velký pokrok (od textových editorů ke graficky orientovaným rozhraním), poskytovaný komfort nedosahuje úrovně dosažené v oblasti objektového modelování, a to zejména v oblasti uživatelského rozhraní. Vedle pozdějšího vzniku disciplíny hraje zřejmě roli i komplikovaná podstata logických modelů – rozsáhle axiomy lze totiž jen obtížně převést do srozumitelné grafické podoby, a je nutné je editovat v jakémsi textovém pseudokódu.

Plně grafickou podobu má tudíž jen práce s hierarchiemi tříd a vlastností. Pro ilustraci je zde uvedena ukázka prostředí editoru Protégé, který patří mezi ontologickými editory k nejpoužívanějším.



Obr. 7-1 Prostředí editoru Protégé

Pro sestavení funkčního příkladu ontologie v oblasti domovních elektroinstalací bylo využito již zmiňované prostředí Protégé. Prezentovaná ukázka ontologie bude vycházet

z definovaných vztahů v rámci domovních elektroinstalací. Každá ontologie se týká určité domény, tj. problémové oblasti. Modeluje koncepty, které jsou abstraktní nebo konkrétní, obecné nebo specifické. Na ontologickém modelování je nejobtížnější zvolit takový záběr ontologie, který je možné realizovat a který bude zároveň vyhovovat požadavkům cílového uživatele.

Platforma Protégé podporuje dva typy modelování ontologií, prostřednictvím základního editoru Protégé-Frames nebo nástavbového řešení Protégé-OWL. Protégé-Frames umožňuje základní klasifikaci tříd a instancí pomocí plnohodnotně uživatelsky uzpůsobeného rozhraní pro tvorbu základny budoucí doménové ontologie, kterou pak následně s využitím Protégé-OWL je možno dále analyzovat a všechny takto nadefinované vztahy a relace mezi jednotlivými klasifikovanými třídami též také posléze vizualizovat v interaktivním editoru. Z uživatelského pohledu se tak jedná o jedinečnou možnost přehledného zobrazení i relativně složitých struktur, které se tak stanou mnohem čitelnější.

Výsledná struktura ontologie je více či méně plochá, vyznačuje se jednou hlavní třídou s mnoha objekty a datovými vlastnostmi, kde zároveň platí, že jedna produktová karta je ekvivalentní jedné instanci hlavní třídy. V souvislosti s vlastnostmi daných instancí se mohou v ontologiích objevovat data strukturovaná (obsahující sémanticky definované objektové vlastnosti) a data textová (v nestrukturovaném a tedy sémanticky nepopsaném obsahu).

Z pohledu počítačového zpracování přirozeného jazyka, jsou přitom pro dosažení relevantních výsledků klíčová právě data strukturovaná. Na druhou stranu je však drtivá většina informací dnes dostupná pouze v čistě textové podobě a bez dalších doplňujících vlastností. Bez předchozí automatické či manuální sémantické anotace je tedy také nasazení technologie pro zpracování dotazů v přirozeném jazyce prakticky bezpředmětné, neboť dosažené výsledky jsou zcela irelevantní v porovnání s použitím uvedených sémanticky strukturovaných dat.

Právě precizní sémantika je hlavní výhodou každé dobře navržené ontologie, protože umožňuje za pomoci komplexních sémantických konstrukcí vyvozovat nová fakta a relace mezi jednotlivými subjekty.

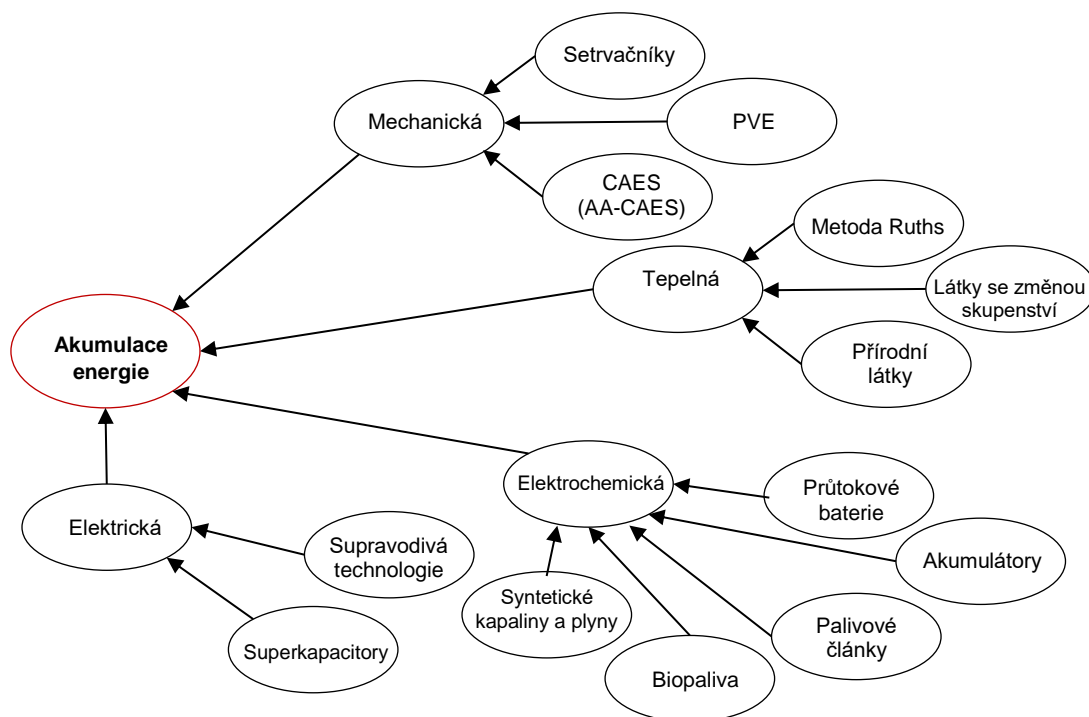
Pro potřeby této práce budou uvedeny podrobnější ukázky postupu při zpracování taxonomie a následné ontologie v prostředí Protégé z oblasti systému akumulace, který je v řešené problematice zahrnut do komplexního pohledu na elektroinstalace rodinného domu. U těchto systémů je možné jednoduše a názorně demonstrovat využití moderních nástrojů pro využití a zpracování znalostí. Stejným způsobem jsou však zpracovány všechny ostatní části důležité pro výběr elektroinstalace v rodinných domech.

7.1.1 Základní taxonomie

Již na ukázce základní taxonomie jsou patrné první problémy při nahlížení na vazby mezi jednotlivými třídami. Na některé třídy lze nahlížet z více stran a je potřeba hned v počáteční fázi stanovit jasnou hierarchii, kterou se bude při návrhu ontologie postupovat resp., která se bude dodržovat. Nikdy nelze do ontologie zahrnout všechny třídy, vlastnosti a jedince, vzhledem k neustálému vývoji popisované problematiky.

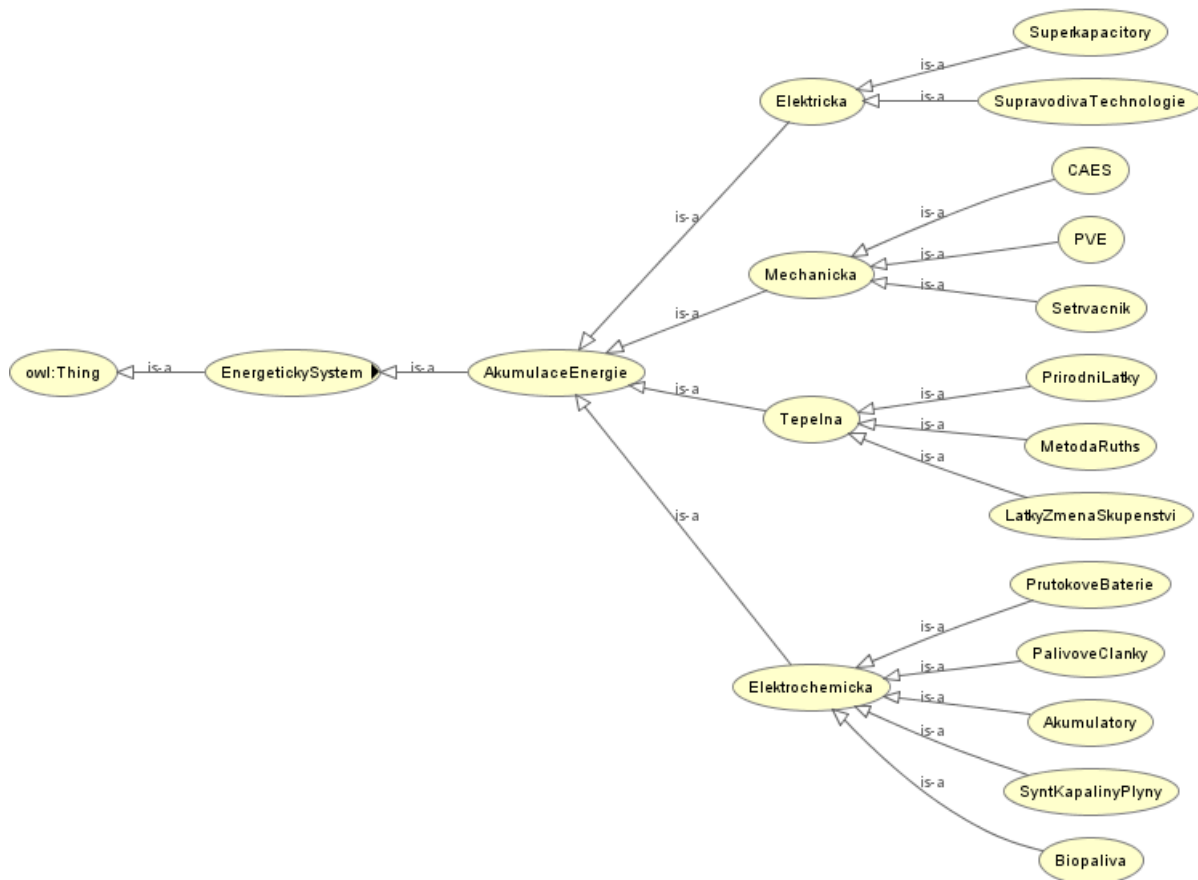
Na Obr. 7-2 je znázorněna základní taxonomie popisující několik tříd uspořádaných do hierarchie, včetně několika jedinců patřících do příslušných tříd. Téměř s jistotou vždy

nalezneme chybějící instance nebo třídy, které by podle našeho názoru lépe vystihovaly popisovanou situaci.



Obr. 7-2 Ukázka taxonomie – základní

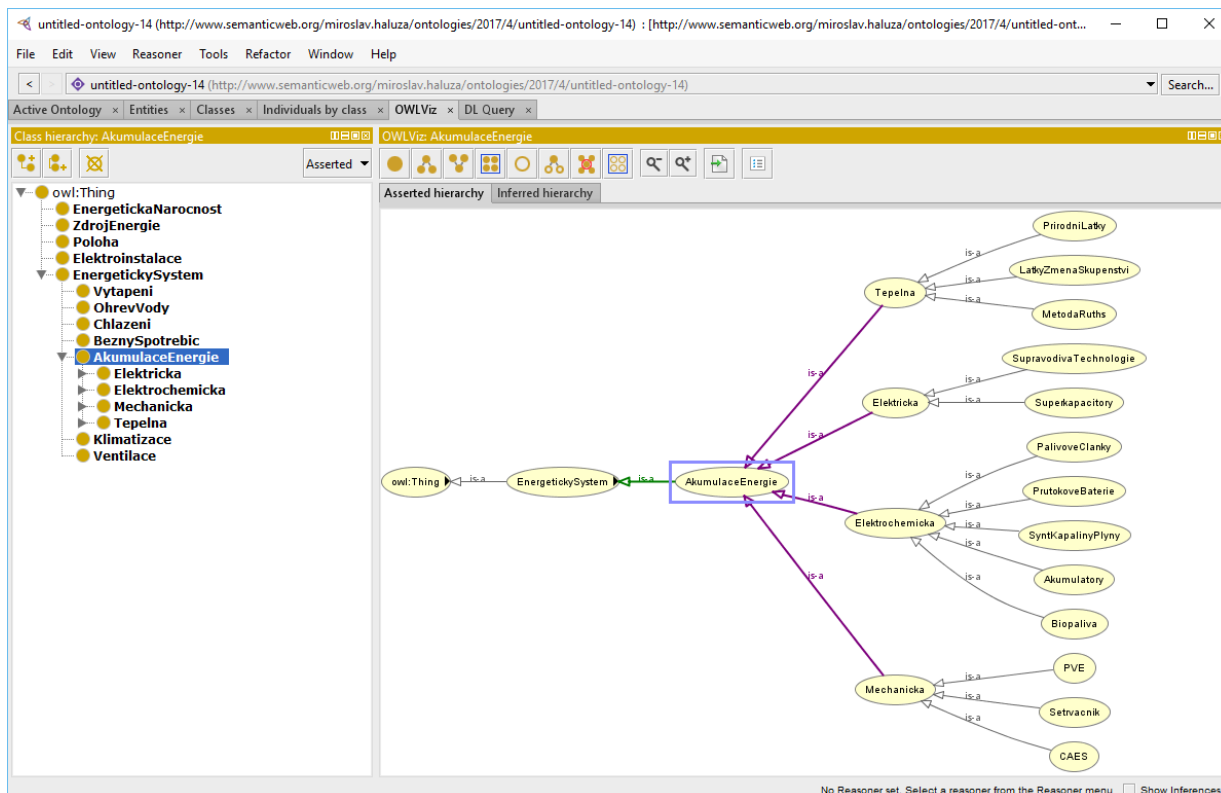
Po zpracování v grafickém nástroji Protégé OWL-Viz pak vypadá taxonomie následovně:



Obr. 7-3 Ukázka taxonomie – základní (OWL-Viz)

Na Obr. 7-2 a Obr. 7-3 je vidět, že *Akumulace energie* je hlavní třídou, která je rozdělena na čtyři podtřídy. Tyto podtřídy jsou pak rozděleny ještě na další podtřídy. Takto popsaná ontologie nám definuje základní vztahy mezi jednotlivými objekty. Je nutné se smířit s tím, že ontologie nikdy nebude úplná, protože náš svět a vesmír čítá tolik tříd, vlastností a jedinců, že je prostě všechny nelze do ontologie zahrnout. To může být také jeden z důvodů, proč se ontologie dělí třeba na doménově orientované (pokrývají jen určitou konkrétní, více ohraničenou doménu) nebo ontologie generické, které pokrývají velmi obecné koncepty, jako je prostor, čas, věc, hmota, atd.

Pro úplný přehled je zde uvedeno i kompletní grafické prostředí použité při vytváření taxonomie z předcházejícího příkladu.



Obr. 7-4 Ukázka taxonomie – grafické prostředí Protégé

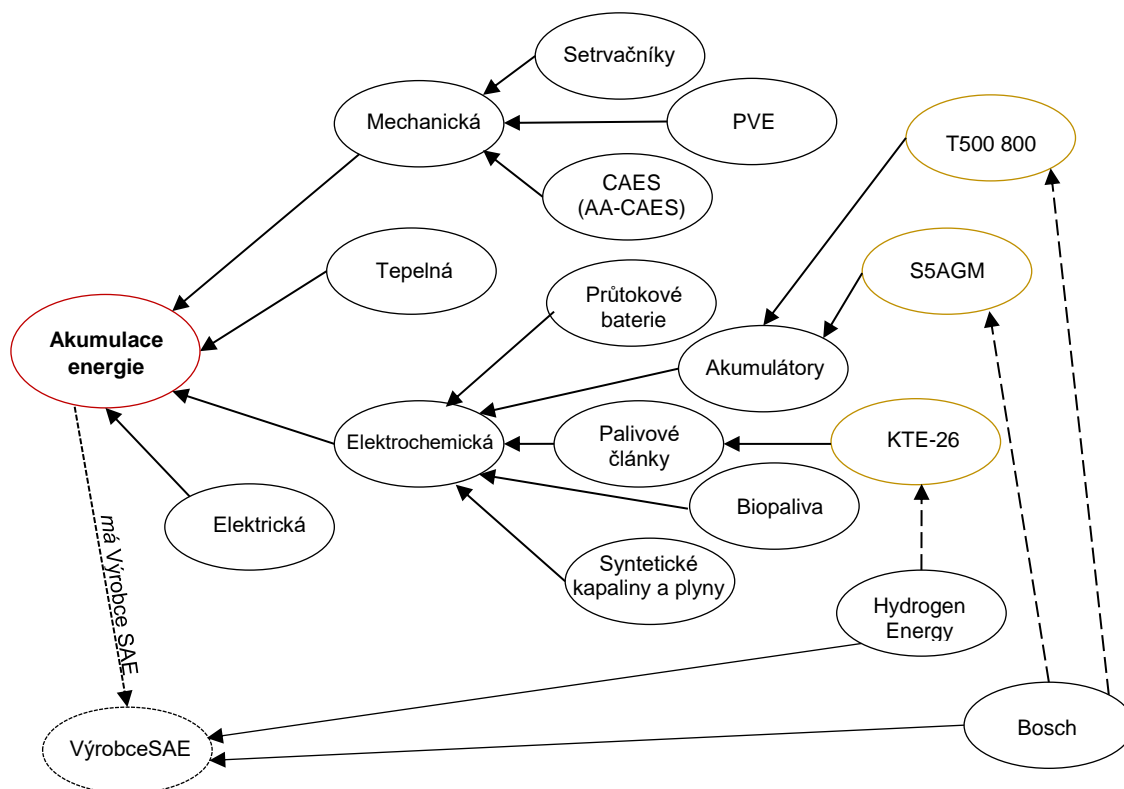
7.1.2 Definice vzájemných vazeb

Aby byli jednotliví jedinci blíže specifikováni, je potřeba definovat jejich vlastnosti. Vlastnost vytváří vztah – relaci mezi jedinci. Přiřazované vlastnosti můžeme rozdělit do čtyř základních kategorií:

- objektové vlastnosti (vytváří spojení mezi objekty tříd),
- datotypové (spojují jedince s hodnotou určitého datového typu),
- anotační (rozšiřují informace jednotlivých tříd nebo jedinců ve formě metadat – komentáře, vysvětlivky),
- ontologické (definují vzájemné vztahy mezi ontologiemi).

Použití pojmu vlastnost je patrné z Obr. 7-5. Je možné říct, že každý systém akumulace energie bude mít svého výrobce. Z toho tedy vyplývá, že třída *Akumulace energie* má vztah ke třídě *Výrobce SAE*. Ale znamená to zároveň, že také jedinci obsažení ve třídě *Akumulace*

energie, resp. v příslušných podtřídách jako *Akumulátory*, *Palivové články* a další, mají také vztah s jedinci ve třídě *Výrobce SAE*.



Obr. 7-5 Ukázka taxonomie – definice vzájemných vazeb

7.1.3 Taxonomie pro domovní elektroinstalace

S ohledem na postupy definované v předchozích kapitolách práce je sestavena základní taxonomie pro výběr domovní elektroinstalace s ohledem na technické možnosti shrnuté v teoretické části práce, která se zabývá komplexním rozбором domovních elektroinstalací a přidružených systémů. Sestavená sémantická síť obsahuje řadu definovaných tříd, které můžeme vnímat jako přehledový diagram asociací klíčových tříd, které se bezprostředně týkají výběru domovní elektroinstalace. Z takto definovaného modelu je možné vytvářet další dílčí modely, popisující detailněji konkrétní komponenty a to buď jako další asociativní síť, nebo jako ontologie modelující znalost vázanou na danou třídu či produkční pravidla chování daných tříd.

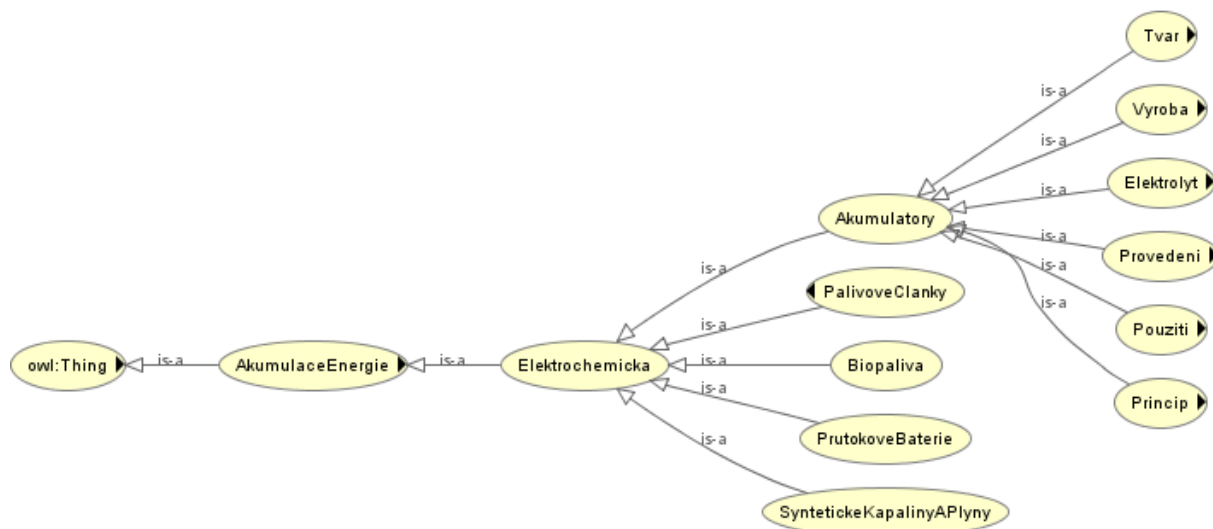
Můžeme také definovat instance daných tříd jako konkrétní objekty s definovanými hodnotami atributů. Toto je základní podklad pro znalostního inženýra, který může ke každé z uvedených tříd sdělit konkrétní znalosti. Úkolem znalostního inženýra je, aby tyto znalosti dokázal vhodnou reprezentací zaznamenat. Vzhledem k rozsáhlosti zpracovávané oblasti domovních elektroinstalací, které byly představeny v předchozích kapitolách, je nutné si uvědomit složitost dělení jednotlivých tříd a podtříd v rámci každé ze zpracovávaných oblastí (akumulace energie, alternativní zdroje energie, různé způsoby ovládání jednotlivých zdrojů i spotřebičů elektrické energie atd.). Pro sestavení taxonomie je využito asociace typu *je* (*is a*) a *má* (*has a*). Tyto asociativní vazby jsou využity v rámci reálného zjednodušení a využití. Nemohou však popsat všechny vzájemné vztahy mezi definovanými třídami, ale mohou sloužit jako základní informace o postupech při výběru elektroinstalace a přidružených systémů pro rodinný dům.



Sémantická síť netvoří kompletní reprezentaci všech tříd. Tato síť je pouze přehledným výřezem z komplexního celku a slouží k představení počátečního kroku v modelování znalostí z oblasti elektroinstalací pro rodinné domy, ale i obecně pro další technické problémy či řešení.

V této fázi řešení jsou hledány konkrétní odpovědi na otázky typu „Co je to?“, „Čeho je součástí?“, apod. Například dotaz – „Co je akumulátor?“ – můžeme snadno najít asociaci akumulátor je elektrochemická akumulace a je součástí akumulace energie a systém akumulace energie je součástí energetického systému rodinného domu. A obdobným způsobem je možné pokračovat v definici dalších vzájemných vztahů a vazeb.

Na Obr. 7-7 je tedy zpracována třída *Akumulátory*, která je podtřídou *Elektrochemické*. U následujících Obr 7-7 a Obr. 7-8 není rozlišeno asociací typu „je“ a „má“ (viz výše v textu). Tyto taxonomie slouží pouze jako ukázka složitosti a rozmanitosti řešeného problému. V grafickém editoru jsou třídy zapisovány bez mezer a bez diakritiky (na základě zkušeností autora s programy v anglickém jazyce a jejich zpracováním české diakritiky i přes ujištění tvůrce programu o plné kompatibilitě). Ke třídám jsou pomocí funkce poznámky *label* přiřazeny české názvy s diakritikou pro pochopitelnější pojmenování tříd.

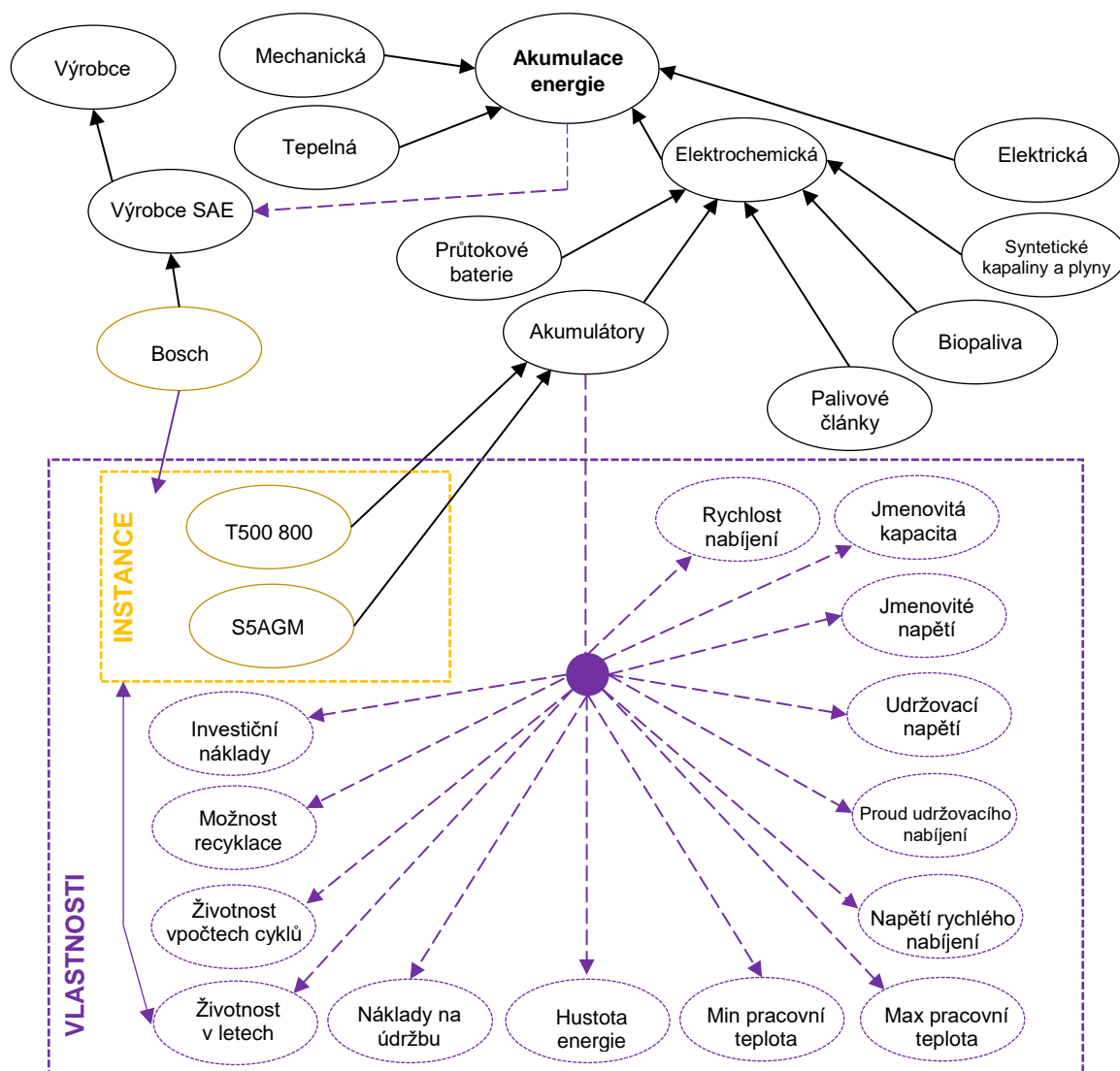


Obr. 7-7 Ukázka taxonomie – Akumulátory - podrobněji

Již zde je patrné dilema. Třídy *Výroba* nebo *Provedení* by bylo možné použít jako vlastnost třídy *Elektrochemická* nebo i *Akumulace energie*. U všech jednotlivých podtříd (resp. jednotlivých fyzických zařízení) však není možné určit „shodnou“ třídu či vlastnost *Provedení* – není totiž důležitá u všech systémů akumulace energie a u některých není ani dostatečně a jednoduše popsatelná.

Na Obr. 7-8 je představena struktura, která definuje dílčí parametry jednotlivých typů akumulátorů. Z této struktury vyplývá, že pro třídu *Akumulátory* jsou definovány instance, které specifikují vlastnosti pro konkrétní typy akumulátorů, které pracují na elektrochemickém principu akumulace. V uvedené ukázce nejsou jistě uvedeny všechny možné parametry akumulátorů, které by mohly být považovány v jistých případech za důležité. Toto je součástí celého procesu návrhu – neustálý rozvoj, doplňování a dílčí úpravy.

Tyto parametry jsou rozhodující pro výběr a návrh požadovaného systému akumulace energie, resp. akumulátoru v rámci energetického systému rodinného domu a jsou pak při návrhu porovnávány s požadavky na energetickou náročnost budovy, resp. rodinného domu, náklady atd.



Obr. 7-8 Ukázka definice instancí jednotlivých tříd a přiřazených vlastností

V dnešní době existuje mnoho informačních zdrojů a typů reprezentací, které lze využít jako expertní znalosti. Je samozřejmě rozdíl, zda data budou zpracovávána pro běžného člověka, který se o danou problematiku zajímá jen obecně, nebo pro odborníka (např. projektanta), který bude chtít získat velmi detailní informace z konkrétních částí. Vytvořit jednotnou a přehlednou strukturu čitelnou pro člověka a zpracovatelnou strojem, není jednoduše a rychle proveditelný úkol. Všechny informace musíme transformovat do vhodné formy, je nutné provést určitou normalizaci a začlenění do správných struktur.

Mezi nejběžnější a nejvíce využívané informační zdroje patří technické listy (dle příslušných norem technické specifikace), ve kterých výrobce daného zařízení udává základní informace o jeho vlastnostech. Například v katalogovém listu akumulátoru bude popsána jejich konstrukce a budou specifikovány oblasti jejich využití s uvedením konkrétních typů akumulátorů. Pro každý akumulátor pak budou v katalogu uvedeny jeho

základní provozní parametry – jmenovité napětí, jmenovitá kapacita, rozsah provozních teplot atd.

Jak vyplývá z uvedených skutečností, získávání informací pro znalostní báze je poměrně složitý a zdoluhavý proces. Existuje velké množství technik, jak získávat vstupní informace, ale nelze stanovit žádný jednotný a optimální postup. Existuje však velké množství empiricky ověřených a heuristických zásad, které mohou být pro znalostního inženýra prospěšné. Znalosti je možné od odborníků získávat buď přímo v zobecněné podobě anebo rozbořem konkrétních rozhodovacích situací. Zpravidla je však výhodné oba způsoby kombinovat.

7.1.4 Ontologie pro domovní elektroinstalace

Pro samotnou tvorbu ontologie nejsou striktně definovaná pravidla. Při její tvorbě se vychází z podstatných prvků, ze kterých se ontologie skládá. Nejprve byly definovány základní třídy dle sestavené taxonomie z předchozí kapitoly práce (obrázek 7-6). Dalším krokem je definice atributů pro jednotlivé třídy a tvorba vzájemných vazeb, což odpovídá tvorbě nadřazených a podřazených tříd stejně jako v taxonomii.

Každá ze tříd ve vytvořené ontologii zastupuje objekty s charakteristickými vlastnostmi. Platí, že pro každou skupinu objektů se společnými vlastnostmi je vytvořena konkrétní třída. V případě, kdy je možné vytvořenou třídu dále dělit na další specifické skupiny, je vytvořena pro tuto skupinu podtřída.

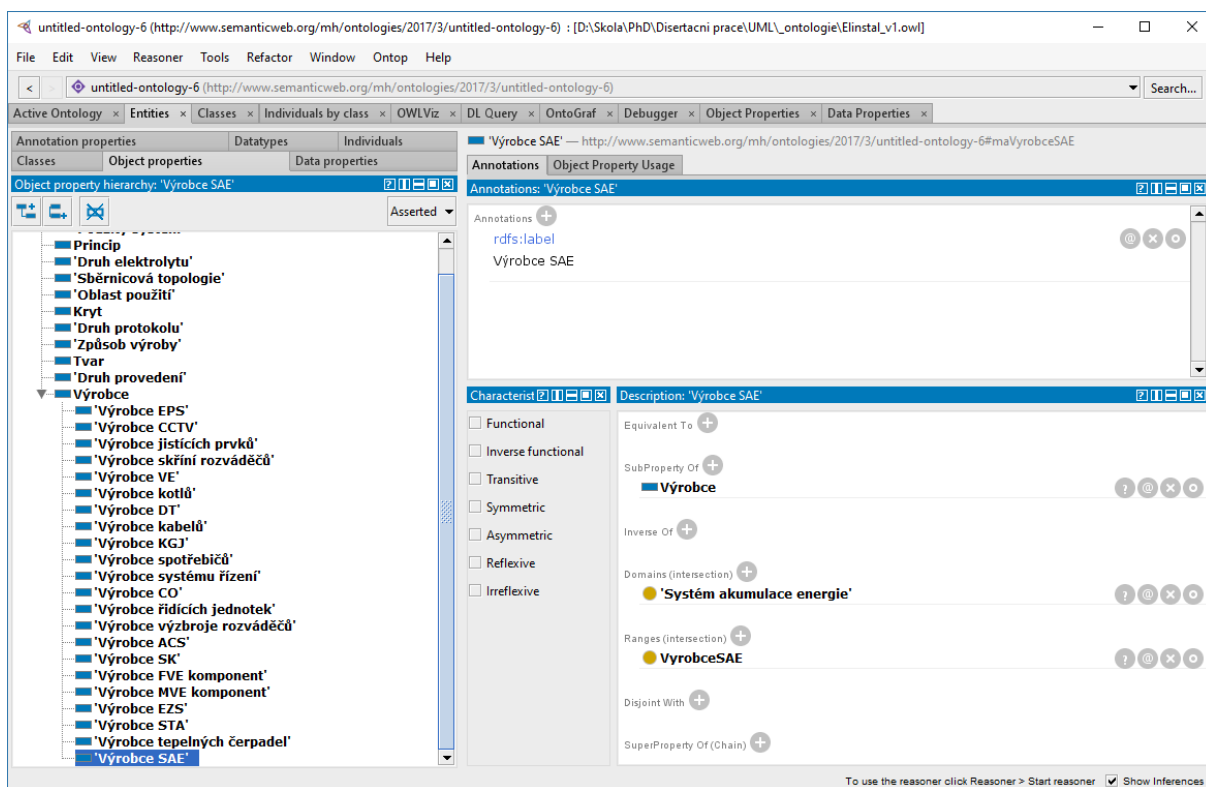
Každá z definovaných tříd má přiřazeny vlastnosti, které je možné chápat jako atributy konkrétní třídy. Tyto atributy nesou specifické hodnoty pro každý objekt definovaný v dané třídě.

Pro účely této práce je pro sestavenou ontologii jako názorná ukázka zobrazeno definování vlastností třídy *Akumulace energie*. S ohledem na taxonomii v předchozí kapitole byla třída *Akumulace energie* rozdělena na dílčí podtřídy – *Elektrická*, *Mechanická*, *Tepelná*, *Elektrochemická*. Tyto podtřídy jsou dále dělitelné – např. podtřída *Elektrochemická* je rozdělena na *Průtokové baterie*, *Palivové články*, *Akumulátory*, *Biopaliva* a *Syntetické kapaliny a plyny*. Obdobným způsobem jsou definovány také další podtřídy *Akumulace energie*. Pro tuto ukázku ze zpracované ontologie je dále zobrazena třída *Akumulátory*.

Po vytvoření základní hierarchie tříd se dále postupuje vytvořením definovaných vlastností a určením jejich specifikace – typ definovaných vlastností, specifikace omezení, rozsahu hodnot apod. Není zde uváděn postup tvorby úplně všech výše uvedených vlastností, jen některých, protože postup je u všech téměř stejný. Tato a následující ukázky slouží k pochopení způsobu zpracovávání ontologie od nejvyšší úrovně (nejobecnějších informací) až po detailní parametry jednotlivých instancí.

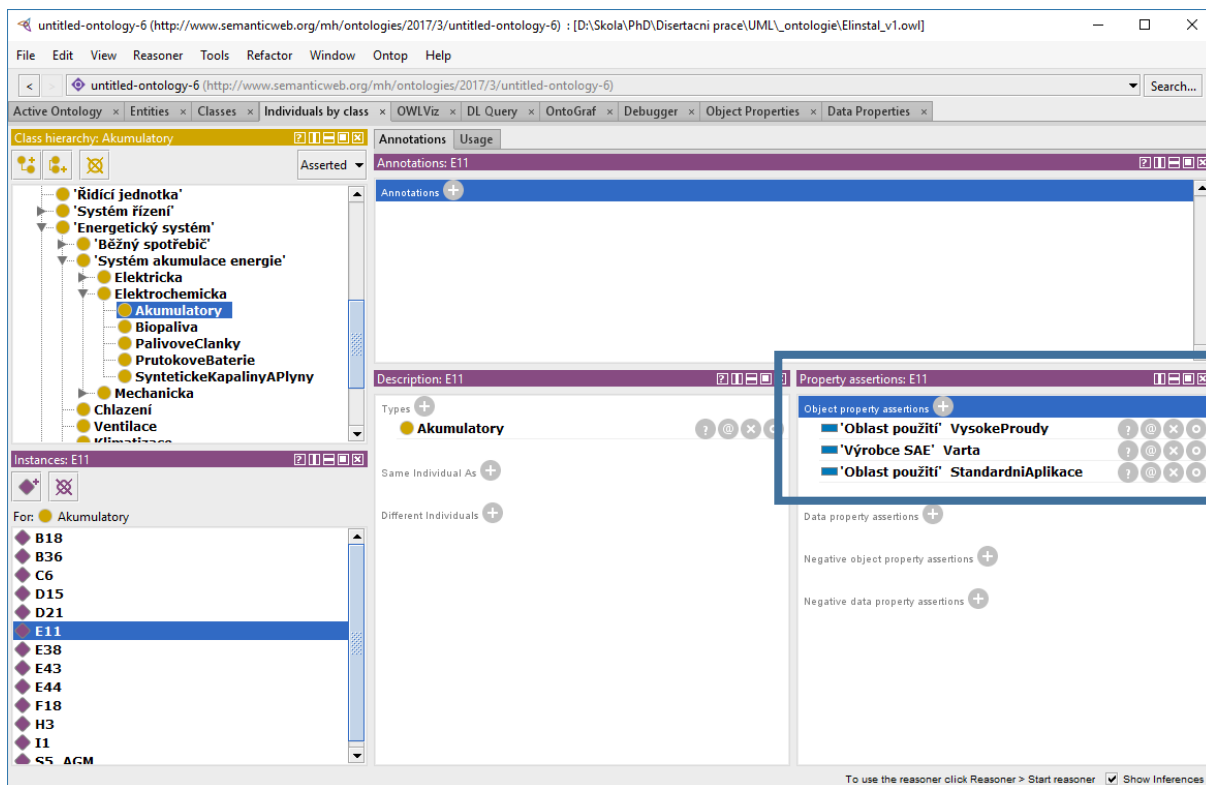
První z vlastností, která je zde ukázkově definována, je vlastnost objektová. Jak již bylo uvedeno, objektová vlastnost vytváří binární vztah mezi jedinci. Vlastnost jako taková nám umožní vystihnout význam třídy, popsat ji nebo definovat.

Na Obr. 7-9 je uvedena ukázka definice objektové vlastnosti *Výrobce*, která má příslušné podvlastnosti (analogicky jako u tříd). Toto dělení je zvoleno pro přesnější určení výrobce k jednotlivým oblastem domovní elektroinstalace a přidružených systémů. Z definice vlastnosti *Výrobce* SAE vyplývá, že je přiřazena jedincům z třídy *Systém akumulace energie* a tím i příslušným podtřídám. Takto byla tedy definována vazba mezi jedinci třídy *Výrobce* SAE a jedinci v příslušných podtřídách třídy *Systém akumulace energie*.



Obr. 7-9 Ukázka definice vlastnosti – Objektové vlastnosti

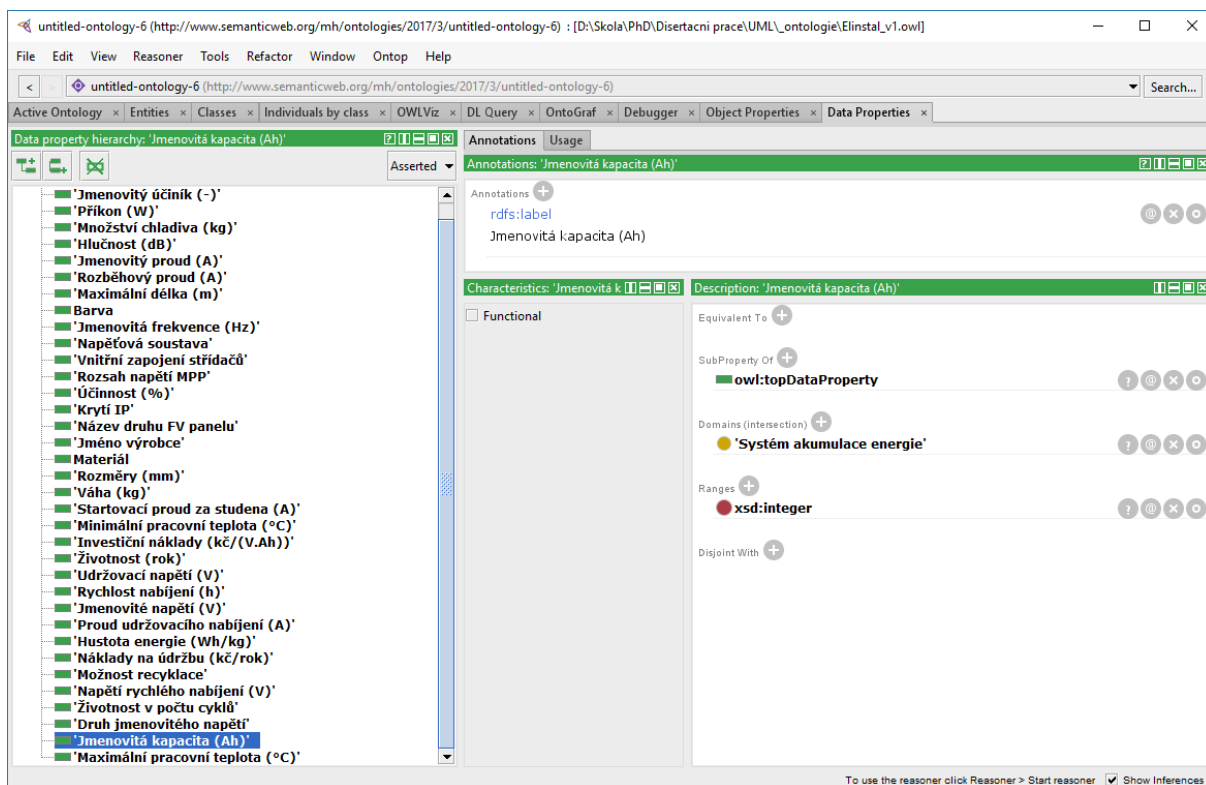
Na Obr. 7-10 je uvedena ukázka přiřazení objektových vlastností konkrétnímu jedinci. Akumulátoru E11 jsou přiřazeny pomocí objektových vlastností výrobce Varta (z třídy *Výrobce SAE*), Standardní aplikace (z třídy *Oblast použití*) a Vysoké proudy (taktéž z třídy *Oblast použití*).



Obr. 7-10 Ukázka přiřazení vlastností – Objektové vlastnosti

Další z vlastností, která je zde ukázkově definována, je vlastnost datotypová. Datotypová vlastnost popisuje vztah mezi jedincem a datovým typem (datovou hodnotou). Vlastnost jako taková nám umožní vystihnout význam třídy, popsat ji nebo definovat.

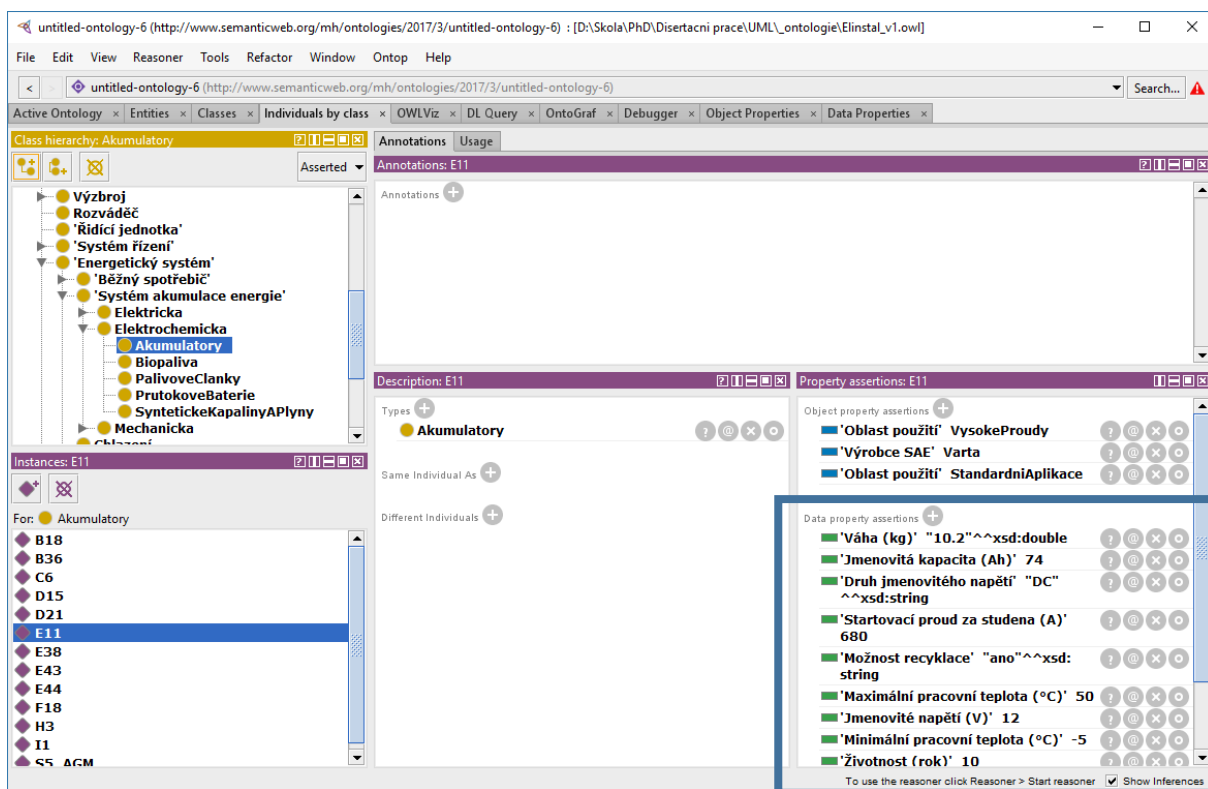
Definování datotypových vlastností jednotlivých tříd vychází ze znalosti společných parametrů pro jednotlivé třídy. Jelikož existuje tzv. dědičnost vlastností, je možné některé vlastnosti definovat v nejvyšší třídě a některé vlastnosti pouze pro definovanou podtřídu. Přiřazení vlastnosti každé konkrétní třídě vychází z poznatku, že je vhodnější přiřadit vlastnost vždy nejvyšší třídě, ale pouze v tom případě, že je takto definovaná vlastnost jasně a jednoduše aplikovatelné na všechny jedince v příslušných podtřídách.



Obr. 7-11 Ukázka definice vlastností – Datotypové vlastnosti

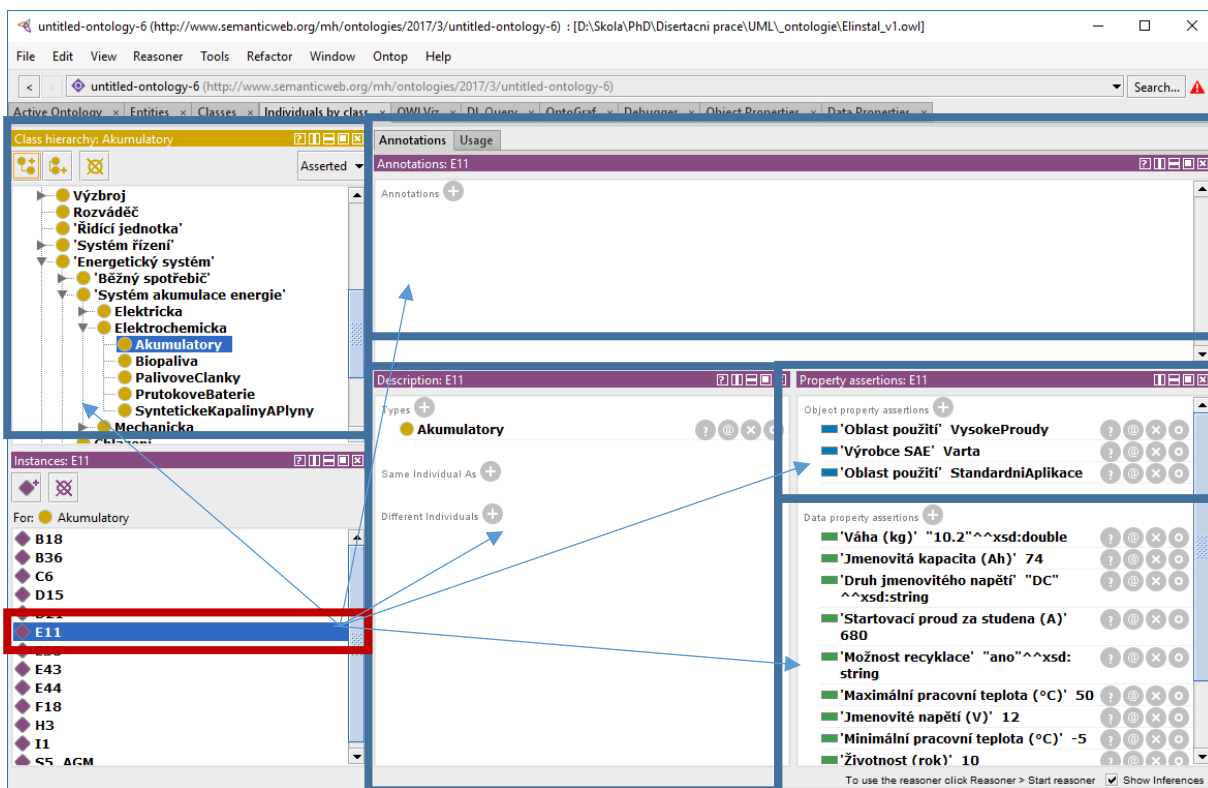
Na Obr. 7-11 je uvedena definice datotypové vlastnosti *Jmenovitá kapacita*. Při definici každé datotypové vlastnosti je potřeba zadat její název, dále určit její typ (float, double, integer, boolean, string...) a přiřadit tuto vlastnost konkrétním třídám. Přiřazení typu však není bezpodmínečně nutné – Protégé od verze 4 automaticky přiřazuje typ proměnné dle prvního vyplnění hodnoty do příslušné vlastnosti jedince (ve vybrané třídě). V uvedené ukázce je datotypová vlastnost *Jmenovitá kapacita* typu integer a je přiřazena k třídě *Systém akumulace energie* a tím pádem i k jejím podtřídám.

Definované vlastnosti je užitečné průběžně doplňovat komentářem, který popisuje jejich podrobnější význam. Aby byla vytvářená ontologie kompletní, je nutné pro jednotlivé třídy definovat jejich instance (jedince) s konkrétními hodnotami. Pokud byly správně definovány vztahy jednotlivých tříd a byly jim přiřazeny příslušné vlastnosti, bude specifikace konkrétních objektů snadno proveditelná.



Obr. 7-12 Ukázka přiřazení vlastností – Datotypové vlastnosti

Na Obr. 7-12 je ukázka definice konkrétního jedince v ontologii a přiřazení datotypových vlastností. Příklad je uveden pro definici konkrétního typu akumulátoru.



Obr. 7-13 Definice konkrétní instance (jedince)

Byly definovány všechny potřebné informace, které jsou nutné pro specifikaci konkrétního akumulátoru a které mohou mít nějaký vliv na výsledek rozhodovacího procesu

v oblasti návrhu akumulátoru jako systému pro akumulaci energie a to jak z hlediska technického, tak i z hlediska ekonomického.

Ve fázi, kdy byla korektně definována hierarchie tříd, je možné za pomoci dalších definovaných vlastností jednoduše popsat i jejich nepřímé vazby. Toto je velkou výhodou při tvorbě znalostní báze v prostředí Protégé.

Pokud by bylo cílem například usnadnit rozhodování při výběru systému akumulace, měly by být definovány vazby mezi konkrétním systémem akumulace a příslušnými systémy spotřeby, popřípadě by u konkrétního systému akumulace mohlo být uvedeno, zda může spolupracovat i s jiným energetickým zdrojem v jednom systému apod.

Popsaným způsobem jsou definovány všechny třídy a jejich instance ve vytvářené znalostní bázi. Výsledná sestavená znalostní báze by pak mohla dát základní přehled v oblasti elektroinstalací a přidružených systémů pro rodinné domy a mohla by postupně vést při jejich specifikaci.

7.2 Web a znalostní báze pro domovní elektroinstalace

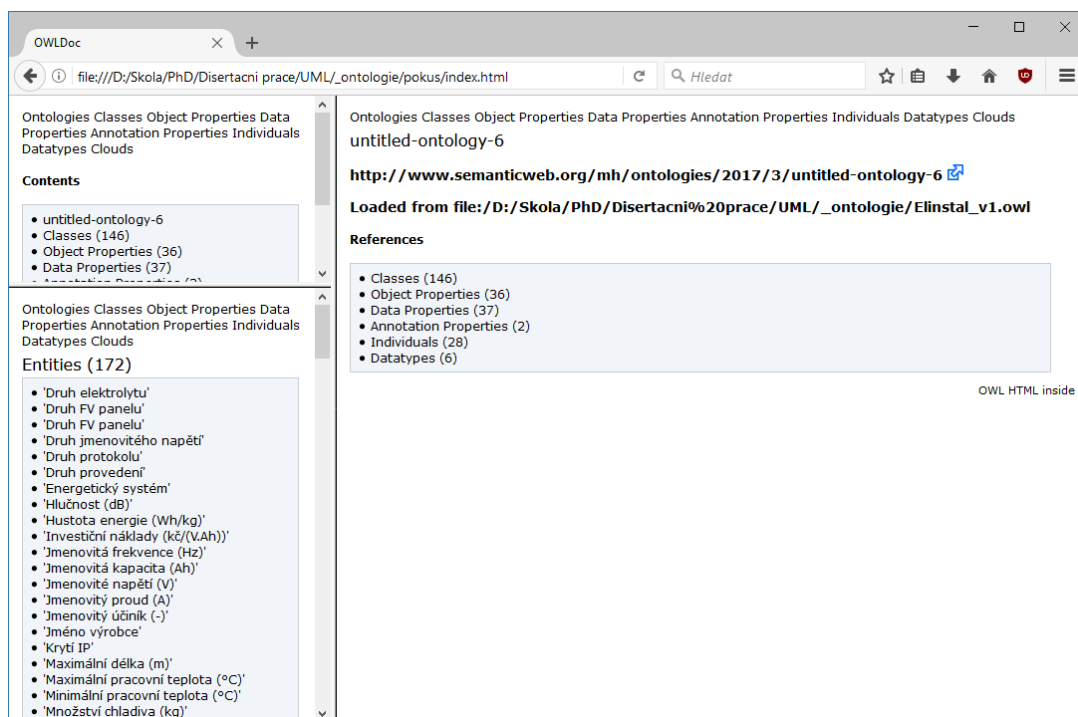
7.2.1 Znalostní báze v internetovém prohlížeči

Po vytvoření zdrojové báze je možné data převést do podoby, která by i laickým uživatelům umožnila vyhledávání v této databázi. Na výběr je několik použitelných možností. Pravděpodobně nejprívětivější pro běžného uživatele je možnost exportu znalostní báze do formátu HTML.

Programové prostředí Protégé umožňuje přímý export vytvořené ontologie do tohoto formátu. Vytvořené dokumenty fungují jako hypertextové odkazy, což umožňuje uživateli velmi snadnou navigaci mezi jednotlivými třídami, které tvoří výslednou ontologii. Tato podoba znalostní báze je již použitelným způsobem prezentace znalostí. Na Obr. 7-14 je uvedena ukázka exportu ontologie do formátu HTML.

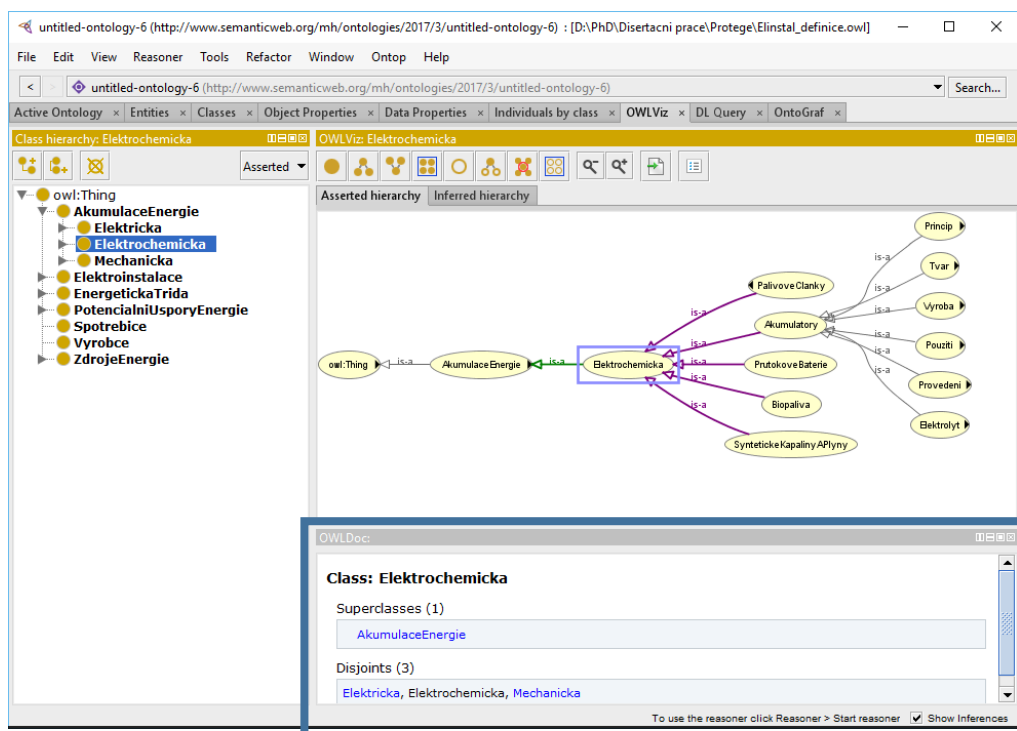
Programové prostředí Protégé umožňuje provést konverzi i do jiných formátů použitelných pro strojové zpracování. Některé z formátů jsou přehledné i bez použití strojové podpory. Mezi takové patří např. formát RDF a OWL.

Formát OWL je vhodný pro spojování více znalostníchází v jeden kompaktní celek. Výhodou tohoto formátu je také skutečnost, že jeho součástí je i grafický režim, který umožňuje zobrazení vzájemných vztahů mezi jednotlivými objekty v definované znalostní bázi, podobně jako tomu bylo u sestavené taxonomie. [A.28]



Obr. 7-14 Export ontologie do formátu HTML

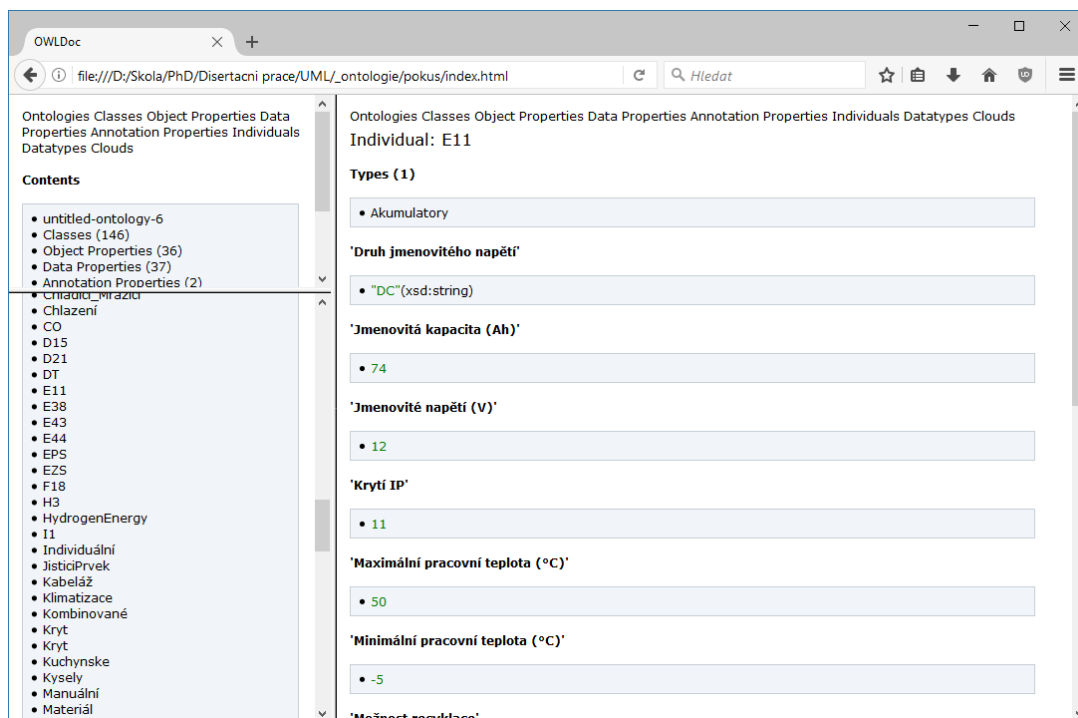
Prostředí Protégé také umožňuje zobrazení náhledu HTML podoby ontologie přímo při navrhování v modulu OWL-Viz.



Obr. 7-15 Náhled - export ontologie do formátu HTML v prostředí Protégé

V sestavené ontologii jsou pro tento konkrétní příklad použity definice pouze několika základních tříd. Tato ukázka takto sestavené ontologie je pro přiblížení funkce a představení možnosti využití pro oblast domovních elektroinstalací a přidružených systémů dostačující.

Pro ukázkou použití znalostní báze je použita vytvořená znalostní báze pro domovní elektroinstalace, která je převedena do formátu HTML. Pro každý konkrétní prvek je v sestavené znalostní bázi uvedeno značné množství parametrů.



Obr. 7-16 Ukázka HTML - Parametry akumulátoru

Samotné sestavení znalostní báze je pouze prvním krokem pro vytvoření komplexního znalostního, resp. expertního systému, to však nebylo cílem této práce. Sestavená znalostní báze byla navržena tak, aby mohla po rozšíření popsat kompletní problematiku spojenou s návrhem elektroinstalace a přidružených systémů (akumulace energie, systémy řízení atd.). Je zřejmé, že tato sestavená znalostní báze obsahuje pouze malou část informací, které jsou nutné pro výběr elektroinstalace pro rodinný dům.

Znalostní báze byla navržena jako jeden komplexní celek, což nemusí být vždy optimální řešení. Její rozdělení na několik menších celků, které by vždy reprezentovali kompletní popis jedné z definovaných tříd v celé hierarchii, by mohlo být jiným, ne však nutně lepším, řešením. Tento způsob by umožnil podrobnější popis jednotlivých tříd, které by pak bylo možné spojit v kompletní znalostní bázi, která by obsáhla všechny systémy využitelné pro rodinný dům.

7.2.2 Ontologie a sémantický web

Sémantický web se má stát novým evolučním stupněm stávajícího webu. Jedná se o web, kde jsou informace strukturovány a uloženy podle standardizovaných pravidel, což usnadňuje jejich vyhledání a zpracování. Skutečný Web 3.0, za který bývá mnohdy sémantický web nepřesně považován, je však zatím poněkud vzdálen realitě, a to zejména proto, že dosud neexistuje dostatečné množství sémantických dat, na kterých by sémantický web mohl stavět.

Pro vývoj a správu sémantického webu byla od jeho zrodu představena již řada řešení, rozvíjená zejména na poli otevřených open-source řešení, ale jak postupem času docházelo k prolínání původně čistě vědecké oblasti s praxí, začali se objevovat také zástupci komerční sféry. Obecně je kromě datových úložišť sémantických dat rozlišován také software

pro implementaci jednotlivých komponent. Od textových editorů až ke komplexním aplikačním rámcům a odvozovacím systémům.

Myšlenky i celková koncepce sémantického webu jsou neustálým předmětem diskusí, především mezi softwarovými a znalostními inženýry, kterých se vývoj i budoucí realizace dotýká nejvíce. Většina z nich přitom očekává další vývoj v této oblasti se zájmem, i když postoje nejsou vždy jednoznačně kladné. Původní představa sémantického webu je sice na první pohled velmi líbivá a částečně dnes již i funkční, nicméně její technická realizace poněkud předběhla mentální schopnosti většiny běžných uživatelů. Myšlenka počítačového zpracování přirozeného jazyka v souvislosti s pokročilými technikami vyhledávání na webu, je v posledních několika letech podrobena intenzivnímu zkoumání a tento trend je znatelný i v počtu stále častějších experimentů mezi moderními vyhledávači, spočívajících ve snaze o začlenění dotazování v přirozeném jazyce do vlastní funkcionality.

Je však nutno dodat, že Protégé není expertní systém ani program, který by sloužil přímo k jejich tvorbě a poskytoval tak expertní rady a doporučení vhodné pro danou situaci. Může však významně dopomoci při vytváření stěžejní části takovýchto expertních systémů, kterou je právě báze znalostí. Tím, že bude báze znalostí vytvářena odděleně od tvorby znalostní aplikace, bude ji pak možno lépe udržovat a spravovat, jak již bylo zmíněno dříve v textu. Původním cílem při vývoji aplikace bylo usnadnění práce ontologickým inženýrům při tvorbě a implementaci znalostníchází.

V pojetí navrhovaného rozšíření systému pro zpracování dotazů prostřednictvím přirozeného jazyka, představuje znalostní báze samostatný modul, který zprostředkuje co možná nejkomplexnější popisné informace o specifické zájmové doméně ve formě strukturovaných dat, přičemž v prostředí sémantického webu jsou hlavním nástrojem pro modelování takovýchto znalostníchází právě instancemi naplněné ontologie. Východiskem při vývoji ontologií je zpravidla seznam relevantních termínů, s následným odlišením ontologických typů, specifikace taxonomie a také vytvoření netaxonomických relací, atributů a instancí, přičemž již v této fázi je možno s výhodou využít podporu softwarového anotačního nástroje, který proces při vytváření nové ontologie značně usnadňuje. Každá ontologie má svoji vlastní jedinečnou strukturu v závislosti na doméně, kterou popisuje.

Sémantický web zahrnuje technologie, které tvoří pomyslný most mezi prvotní myšlenkou a jejím následným naplněním, avšak pro jeho smysluplné využití je třeba nejprve tyto technologie znát a umět používat, což může představovat komplikace při následném širším praktickém nasazení. Tuto technologickou a dovednostní bariéru může fakticky z části překonat postupné zavádění softwarových nástrojů pro vytváření sémanticky anotovaných webových dokumentů prostřednictvím uživatelsky přívětivého prostředí WYSIWYG editorů, které umožňují vlastní tvorbu či editaci takového obsahu bez nutné znalosti značkovacího jazyka.

Právě využití ontologií při vývoji a následné optimalizaci sémantického webu je jedním z vysoce aktuálních témat výzkumu. Je zřejmé, že jednotnosti (ať již formátové či názorové) se obecně nejsnáze dosáhne v určité uzavřené oblasti. Proto již dnes právě v souvislosti s aplikacemi sémantického webu existuje poměrně velké množství samostatných doménových ontologií. Otázkou však zůstává, zda pro úspěšnou realizaci komplexnějších informačních systémů v budoucnosti postačí rozšiřování počtu těchto příslovečných kamínků mozaiky

sémantického webu, či zda bude nutné zapojit i svým charakterem obecnou, široce pojatou „všeobjímající“ ontologii.

Nejvýznamnější překážkou v tomto ohledu je patrně časová náročnost tvorby takového zdroje. K překonání tohoto slabého místa však může vést tradiční cesta a sice – pokusit se použít to, co je již hotovo. Cílem takového přístupu k budování ontologií může být integrace již existujících dokumentů, databází a dalších zdrojů, jejich „vyčištění“, zpřesnění uložených informací a nakonec integrace do jednotné ontologické struktury.

7.2.3 Implementace znalostní báze v rámci sémantického webu

Výzkum v oblasti Sémantického webu zaznamenal za bezmála 15 let své existence pestrý vývoj. Původně spíše okrajové téma se postupně stávalo hojně diskutovaným oborem, který dokázal spojit i řadu odlišně zaměřených vědeckých komunit napříč nejrozličnějšími zájmovými skupinami.

Nově vyvíjené technologie mají již dnes oporu v zavedených standardech, stejně tak ale neustále vznikají návrhy na standardy nové. Jak ostatně i výzkum prezentovaný v této práci ukázal, reálné možnosti využití sémantického webu se dají očekávat i v oblasti elektroinstalací, to ovšem pouze za předpokladu existence dostatečného množství sémanticky anotovaných a veřejně sdílených dokumentů, přičemž technologická podpora jejich životního cyklu je již dnes poměrně rozsáhlá. Na druhou stranu ani u velké části dostupných softwarových nástrojů zatím nelze mluvit o zralosti a stabilitě odpovídající ostrému nasazení, přičemž dalšímu významnějšímu rozvoji těchto technologií v praxi brání také doposud neustálené procesy a ekonomické modely.

Perspektivním avšak stále ještě nedostatečně využívaným prostředkem pro demonstraci smysluplnosti sémantického webu, jsou praktické aplikace v oblasti akademické sféry, která je dosud také jejich hlavním propagátorem. Univerzity a vědecké instituce mají k dispozici velké objemy dat, která jsou často na webu nesystematicky zveřejňována, ať už v podobě statických stránek nebo výstupu z různorodých databází – jedná se především o dokumenty organizační, projektové či publikační (včetně kvalifikačních prací), ale často také o výukové materiály, prezentace či jiné učební pomůcky.

Tato data by tak následně mohla sloužit nejen pro pilotní testování nových technologií, ale také pro dosažení a prokázání dlouhodobě udržitelného přínosu. Nad otevřenými daty by tak postupně mohly vzniknout zejména aplikace pro vyhledávání partnerů pro vědecké projekty, oponentů pro kvalifikační práce, recenzentů pro vědecké konference a časopisy, ale také pro agregování zpráv o pořádaných odborných seminářích a jiných setkáních. Samotné univerzity a vědecké instituce mají navíc, oproti omezeným grantovým projektům a tzv. startupům, nesrovnatelně delší dobu trvání, což by právě mělo zajistit také relativně vysokou perzistenci vystavovaných dat.

Pro celkový předpoklad širšího využití bude však bezpodmínečně nutná další praktická implementace, a to nejen ve zmíněné oblasti webových projektů z univerzitního či výzkumného prostředí, nýbrž také jako zamýšlené rozšíření v podmínkách široce využívaného webu klasického. Bez toho by sémantický web zůstal jinak sice teoreticky velmi zajímavým, ale prakticky neuchopitelným konceptem s minimálními možnostmi reálného využití v celosvětovém měřítku.

8 ZÁVĚR

Současná situace v oblasti elektroinstalací a zdrojů elektrické energie se ubírá směrem minimalizace nákladů na spotřebu elektrické energie resp. energie obecně a směrem maximalizace úsporných opatření. Ze strany Evropské unie (a nejen jí) je neustále viditelná snaha o snižování energetické náročnosti budov a to nejen s využitím systémové elektroinstalace, ale i využitím alternativních zdrojů elektrické energie. Díky technickému vývoji systémových elektroinstalací, alternativních zdrojů elektrické energie a díky všeobecnému rozvoji znalostí techniků a projektantů zabývajících se projektováním malých jednotek (byty, rodinné domy nebo i bytové domy) dochází ke snižování cen jak systémových elektroinstalací, tak i alternativních zdrojů elektrické energie a tím i možnosti jejich častějšího využití.

8.1 Cíle práce a jejich splnění

Tato práce měla za cíl provést komplexní studii systémových elektroinstalací, spotřeby elektrické energie v domácnostech a možností úspor elektrické energie pro domácnosti. Na základě teoretické analýzy elektroinstalací, rozdělení spotřeby a možností úspor elektrické energie měla práce navrhnout metodiku a následně znalostní systém pro výběr optimální elektroinstalace na základě předem definovaných požadavků spolu s možností zpětné vazby o vybraném systému. Je zřejmé, že obsahová náplň práce je velmi široká, tudíž není jejím cílem poskytnout kompletní znalostní systém, ale ukázat možné směry vývoje v této oblasti a využitelnost znalostních systémů pro tuto problematiku.

8.1.1 Analýza systémových elektroinstalací

V této části práce jsou komplexně popsány systémové elektroinstalace, jejich princip a důvod využití. Tyto elektroinstalace jsou zaváděny v důsledku vyšších požadavků na flexibilitu, komfort instalace a montážní zjednodušení vysoce náročných elektrických instalací ve spojení s minimalizací spotřeby energie. Spojuje v sobě klasická silnoproudá zařízení s postupy a technologiemi řídicích systémů slaboproudých zařízení. Dále je zde porovnávána systémová elektroinstalace s elektroinstalací klasickou a je uvedena základní závislost nákladů na výkonnosti elektroinstalace. Přehledně je zde zpracováno rozdělení systémových elektroinstalací dle druhu použitého systému, dle topologie sběrníkových vedení, dle použitých protokolů a je zde uvedena souhrnná tabulka výhod systémové elektroinstalace.

Do této kapitoly byly zařazeny i technologie (systémy) Smart Grids a Smart Metering. Smart Grids představuje koncepci provozování energetické soustavy s využitím buď již existujících, nebo v blízké budoucnosti dostupných technologií. Sítě takto vytvořené se vyznačují vysokou mírou automatizace umožňující i vysokou míru dynamiky jejich provozu, včetně provozu připojených zdrojů i jednotlivých spotřebitelů. Taková řešení jsou, s ohledem na řadu vlivů, která na energetiku dneška i blízké budoucnosti působí a budou působit, nutnou podmínkou, aby se energetika mohla dále rozvíjet udržitelným způsobem a byla schopná stále plnit svoji očekávanou roli.

Smart metering představuje obousměrnou dálkovou komunikaci měřidla a datové centrály umožňující sběr dat, automatické vyhodnocení, řízení sítě, informování zákazníka o spotřebě, připojení a odpojení měřicího místa apod. Největší využití najde zejména

u domácností a malých podnikatelů. Smart metering je pro budoucnost důležitý, jelikož se v posledních letech několikrát v Evropě vyskytly jisté problémy se sítí a to zejména problémy s dodávkou elektrické energie.

8.1.2 Rozbor spotřeby elektrické energie

V rozboru spotřeby elektrické energie jsou v úvodní části uvedeny legislativní a normativní požadavky jak v ČR, tak i v EU. Efektivní a udržitelné využívání energie je v souladu s mottem vytvořeným Evropskou komisí – „Méně je více“. V této kapitole jsou uvedeny přehledné spotřeby elektrické energie v domácnostech ČR i EU v horizontu let 1990 až 2014. Spotřeba elektrické energie domácností je následně procentuálně rozdělena dle citovaných zdrojů na spotřebu elektrické energie na vytápění, ohřev vody a ostatní elektrické spotřebiče.

Součástí rozboru spotřeby elektrické energie jsou možnosti úspor elektrické energie. Vzhledem k současnému trendu snižování spotřeby elektrické energie a jejího efektivního využití je tato část práce zpracována jak z pohledu technického, tak i z pohledu legislativního (v rámci ČR i v rámci EU). Již od roku 2013 musí členské státy EU zajistit, aby nové budovy plnily minimální požadavky na energetickou náročnost budov. Také stávající budovy procházející větší rekonstrukcí budou muset tyto minimální požadavky plnit. Nejpozději od roku 2019 pak budou muset být všechny nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci budovami s téměř nulovou spotřebou energie. Nejpozději od roku 2021 se tento požadavek bude týkat všech nových budov. V České republice se však plánuje, že přísnějšími požadavky se nové budovy nebudou řídit až od roku 2019, resp. 2021. Při optimalizaci energetické účinnosti budov jsou možné různé koncepce a přístupy. V tomto kontextu, využití systémové elektroinstalace u budov poskytuje osvědčenou a zajímavou alternativu nebo doplněk, u kterého je možné porovnat poměr nákladů a výnosů.

Vzhledem k rozsáhlosti problematiky jsou zde přehledně zpracovány potenciální úspory elektrické energie s využitím systémových elektroinstalací (vyjádřeno jako procentuální snížení spotřeby energie pro jednotlivé druhy spotřeby elektrické energie) a je zde i zařazena možnost integrace alternativních zdrojů energie.

Pro jasnou představu o spotřebě elektrické energie je uvedena i predikce vývoje spotřeby elektrické energie a to jak celkové (výrobní sféra a sféra domácností), tak i v domácnostech v rámci ČR. Tyto predikce se zakládají na zprávách a dokumentech vydávaných OTE. Mezi roky 2013 a 2040 je očekáváno navýšení spotřeby domácností o 10,4 %.

8.1.3 Analýza znalostních systémů

V této části práce jsou komplexně popsány znalostní systémy a jejich možné využití v elektrotechnice. Aby bylo možné vytvořit nebo aspoň částečně navrhnout znalostní bázi pro domovní elektroinstalace, bylo potřeba uvést a definovat pojmy z oblasti výstavby a projektování staveb. Tato problematika byla řešena z důvodu praktického využití práce.

Dále jsou v této části práce uvedeny jednotlivé typy staveb a detailní rozbor procesu výstavby, na základě kterého bylo možné použití znalostního systému pro výběr elektroinstalace zařadit do správné fáze procesu výstavby. Bez správného zařazení by znalostní systém nemusel přinést očekávané výsledky nebo řešení. Z hlediska návrhu technologické stavby bylo tedy využití znalostního systému a znalostní báze přiřazeno do počátečních fází procesu výstavby, resp. projektové dokumentace – koncepční návrh

anebo dokumentace souborného řešení. V těchto fázích je určující zvolení vhodného koncepčního návrhu a to zejména definice základních požadavků, typy technologií, klíčová zařízení, základní schéma a filosofii řízení.

Jsou zde následně vysvětleny navazující pojmy jako data, informace a znalosti, které jsou nutné k pochopení práce se znalostními systémy. Pro tyto pojmy jsou uvedeny jejich definice a možný způsob jejich reprezentace.

Dále jsou zde rozebrány expertní systémy, jejich využití, typy expertních systémů, jejich architektura a je proveden komplexní rozbor jednotlivých částí (modulů) těchto systémů. Nedílnou součástí je i aplikace expertních systémů a jejich tvorba. Tvorba ES představuje složitý proces členící se do několika vývojových fází. Jedním z nejtěžších rozhodnutí při tvorbě ES je to, zda se vůbec pustit do této časově a jistě i finančně náročné práce. Při přesvědčení, že tvorba zamýšleného systému má smysl a je vhodná, je možné přistoupit k samotnému procesu návrhu, implementace a následného testování. V dnešní době je využití expertních systémů především záležitostí softwarového řešení, které pracuje na specifické platformě operačního systému prakticky nezávisle na použitém hardwaru. Proto je součástí této části práce i představení programovacích jazyků a znalostní báze pro technické objekty.

Vytvoření specificky zaměřeného expertního systému je složitá a časově náročná činnost. Jednou z významných složek znalostního systému, resp. expertního systému je znalostní báze. Pro pochopení základů znalostníchází je proto uveden v této části práce rozbor ontologie, pojmu sémantický web a příklady vytvoření báze znalostí v oboru domovních elektroinstalací a souvisejících systémů za pomoci různých prostředků resp. prostředí.

8.1.4 Návrh znalostní báze pro domovní elektroinstalace.

Po teoretické stránce jsou v předchozích kapitolách uvedeny potřebné informace a znalosti pro další, strojové zpracování do diagramů, ontologií atd.

Komunikace mezi lidmi – ontologie pracují s informacemi (nikoli pouze s daty), proto lze veškeré ontologické struktury velice snadno převést do běžného lidského jazyka. Na druhé straně požadavek na formalitu a formálnost ontologii zaručuje jednoznačnost a omezuje rizika sémantických konfliktů. Pro tento účel jsou vhodné především výstupy z ontologických systémů ve formě textů nebo systémy na bázi tezaurů využívající ontologie jako znalostní bázi. Součástí této části je seznámení se s jazykem UML, který poskytuje systémovým architektům, softwarovým inženýrům a vývojářům nástroje pro analýzu, návrh a implementaci softwarově orientovaných systémů a také nástroje pro modelování podnikových a obdobných procesů.

Pro úspěšné provádění staveb je podstatné strukturování stavby do jednotlivých částí, definování jednotlivých prvků, jejich popis a utřídění dle jednoznačné klasifikace. Základním vstupem rozhodovacího a řídicího procesu jsou informace, které se týkají stavby jako celku, nebo některých jejích dílů. Informace o určitém jevu či dílu stavby se v průběhu jejího životního cyklu mění a vyvíjejí, proto je nutné, aby byly včleněny do strukturovaného systému umožňujícího monitorování vývoje stavby v čase, optimalizaci technickoekonomických charakteristik stavby během její životnosti, permanentní aktualizaci informací a jejich okamžité generování.

Dále jsou v této kapitole uvedeny taxonomie a definice vzájemných vazeb v rámci domovní elektroinstalace a to i ve vztahu k alternativním zdrojům energie a systémům akumulace elektrické energie. Tyto údaje dále slouží k tvorbě základu znalostní báze z oboru domovních elektroinstalací. Znalostní báze byla vytvořena v prostředí Protégé na základě jazyka OWL.

Na popisu problematiky domovní elektroinstalace byly demonstrovány možnosti využití znalostních systémů. Bylo také definováno značné množství pojmů z oblasti znalostních resp. expertních systémů. Na sestavené ukázkové znalostní bázi domovních elektroinstalací byla ukázána možnost ukládání znalostí v jednoduché textové podobě. Stručně byly popsány výhody i nevýhody takto sestavené databáze.

V této části práce byly tedy definovány vazby mezi ontologií a bází znalostí a na jednoduchých ukázkách byly demonstrovány základní kroky pro sestavení báze znalostí s využitím jednoduchých taxonomických vztahů. Aby bylo možné sestavit základní ukázkovou znalostní bázi, byla popsána problematika spojená s využitím vývojového prostředí Protégé, které umožňuje sestavení základních ontologií a jejich reprezentaci v různých formátech vhodných pro strojové zpracování nebo přímé využití. Ontologie mohou výrazně napomoci v procesu převodu klasifikačních systémů, rozhodně ale není možné tento proces realizovat pouze prostřednictvím ontologií (nebo jiných zcela automatizovaných procesů). Ontologie však dokáží urychlit tvorbu mapovacích pravidel mezi taxonomiemi a tyto systémy následně efektivně popsat. Přínosy pro znalostní inženýrství:

- Opakovaná využitelnost – formální a formalizovaná reprezentace prvků a vztahů domény usnadňuje jejich sdílení a znovu používání.
- Vyhledávání – ontologie mají charakter metadat (metainformaci) umožňující snadné prohledávání rozsáhlých zdrojů dat.
- Spolehlivost (hodnověrnost) – formalizace zápisu ontologií umožňuje také automatickou kontrolu konsistence dat.

8.1.5 Implementace znalostní báze pro domovní elektroinstalace do webového prostředí.

Jak již bylo několikrát uvedeno výše, ontologie představuje velice významný nástroj pro popis dat, informací a znalostí. Aplikace ontologie(i) v datovém modelování jako nástroje pro popis a vzájemnou transformaci datových struktur nepředstavuje zázračný prostředek odstraňující nedostatky ostatních podobných nástrojů. Ontologie slouží spíše jako jejich doplněk, jelikož nabízejí na jednu stranu širší možnosti než například UML modely, ale na druhé straně jsou ontologie méně striktní a proto ne zcela vhodné pro samostatnou implementaci jako jediná vrstva datových modelů.

Využití ontologií při vývoji a následné optimalizaci sémantického webu je jedním z vysoce aktuálních témat výzkumu. Je zřejmé, že jednotnosti (ať již formátové či názorové) se obecně nejsnáze dosáhne v určité uzavřené oblasti. Proto již dnes právě v souvislosti s aplikacemi sémantického webu existuje poměrně velké množství samostatných doménových ontologií. Otázkou však zůstává, zda pro úspěšnou realizaci komplexnějších informačních systémů v budoucnosti postačí rozšiřování počtu těchto příslušných kamínků mozaiky sémantického webu, či zda bude nutné zapojit i svým charakterem obecnou, široce pojatou „všeobíhající“ ontologii.

Součástí práce nebyla otázka bezpečnosti systémových elektroinstalací ani jednotlivých prvků nebo systémů zahrnutých do tohoto komplexního řešení v rámci rodinných domů. Je to však jedno ze stěžejních budoucích témat, kdy dojde nebo by mohlo dojít k propojení systému/systémů domácností se sítí internetu. Po tomto propojení bude důležité chránit vnitřní instalaci a systémy proti nežádoucím útokům a s tím souvisejícími důsledky – ať už nežádoucí ovládání či úplné převzetí kontroly jednotlivých prvků nebo celého systému domu cizím uživatelem nebo úplné odstavení systému.

8.2 Shrnutí vědeckých poznatků práce a vlastní přínos

Hlavní přínosy dizertační práce z hlediska jejich dalšího uplatnění jsou:

- Provedení komplexní analýzy klasické a systémové elektroinstalace s ohledem na funkci a možnosti úspor využitím alternativních zdrojů energie pro moderní domovní aplikace. Analýza podobného rozsahu nebyla dosud publikována.
- Byla analyzována spotřeba a zpracována predikce spotřeby elektrické energie pro domácnosti v ČR i v rámci EU i s ohledem na aktuální normativní předpisy.
- Byla provedena analýza a souhrn současného stavu znalostních systémů a bází v obecné rovině. Současně s tímto bylo analyzováno využití BIM systémů při návrhu elektroinstalace.
- Na základě provedených analýz byla navržena znalostní báze pro domovní elektroinstalace.
- Specifikace – ontologie napomáhají procesu identifikace potřeb a požadavků a následnému definování specifikací v oblasti informačních technologií.
- Vzhledem k dnešní potřebě dostupnosti dat v rámci moderních technologií byly představeny způsoby provázání a reprezentace technických znalostí z oblasti elektroinstalací v prostředí moderních informačních technologií.
- Na základě zpracované taxonomie byla vytvořena ontologie v prostředí Protégé a byl vytvořen základ znalostní báze z oblasti elektroinstalací pro rodinné domy, který je možné využít jako jednu z hlavních částí znalostního systému.
- Byl představen možný způsob implementace znalostní báze z oblasti domovních elektroinstalací v prostředí sémantického webu i možnost omezeného použití v prostředí klasického webu.
- Výsledky této práce mohou sloužit jako výchozí podklad pro vytvoření znalostního systému, který bude sloužit projektantům při výběru vhodné elektroinstalace, popř. technologie pro domovní instalace.
- Byly položeny základy pro tvorbu komplexní znalostní báze z oboru domovních elektroinstalací s následnou možností využití v rámci sémantického webu.

8.3 Možnost dalšího zaměření práce

Výzkum možnosti využití znalostních resp. expertních systémů pro návrh a hodnocení elektroinstalace je vzhledem k novým požadavkům na maximální úsporu energie rodinných domů a využití nových technologií a systémů aktuálním tématem. Vývoj v oblasti systémových instalací, alternativních zdrojů energie a následné akumulace elektrické energie

jde velmi rychle vpřed a právě praktická aplikace nových poznatků by měla být výsledkem nebo logickým vyústěním výzkumu a vývoje.

V případných navazujících výzkumných pracích či projektech by bylo vhodné doplnit cenové údaje, resp. cenové rozpětí jednotlivých částí systému společně s ekonomickým rozpětím úspor jednotlivých systémů výroby energie a její následné akumulace pro co největší shodu s reálnými náklady, jak investičními tak i provozními, a co nejpřesnější ekonomické porovnání v reálných podmínkách výstavby a následného provozu. Dále navrhuji rozšířit, doplnit a aktualizovat znalostní bázi, díky čemuž bude možné neustále pracovat s nejnovějšími technologiemi a výsledky nových výzkumů. Jednou z možností rozšíření může být i provázání se systémy BIM, ať už jako vstupní databáze pro systémy BIM nebo i získávání informací pro znalostní systém z již zrealizovaných a zdokumentovaných staveb systémy BIM.

Jedním z možných vylepšení by mohl být kompletní překlad ontologie do anglického jazyka pro možnost širšího využití.

V neposlední řadě je třeba zabývat se programátorskou stránkou samotného znalostního, resp. expertního systému pro výběr a zhodnocení elektroinstalace. Pro efektivní a uživatelsky přívětivé využití těchto systémů navrhuji implementaci znalostní báze do znalostního systému programátorem v součinnosti s odborníkem nebo odborníky na znalostní systémy a odborníky z oblasti elektrotechniky, resp. elektroinstalací v rodinných domech. Finálním výsledkem by měl být uživatelsky přívětivý a přehledný znalostní, resp. expertní systém, který bude možné uplatnit v praxi pro projektanty ať už obecně nebo jen pro projektanty elektro.

Dalším možným směrem zaměření by mohla být oblast bezpečnosti systémů v rámci internetové sítě. Po připojení ať už systémové elektroinstalace nebo jednotlivých prvků souvisejících systémů (např. střídače, tepelná čerpadla, atd.) dochází k nárůstu rizika zneužití nebo i odstavení celého systému domovní elektroinstalace. Proto by se další rozvoj této tematiky mohl zaměřit na řešení bezpečnosti inteligentních elektroinstalací a přidružených systémů, které budou připojeny do internetové sítě.

Nakonec doporučuji rozšířit oblast zájmu a využít moderní nástroje znalostního inženýrství i na oblast investiční výstavby jako jsou kancelářské budovy, nemocnice, obchodní centra apod. V této oblasti může zajisté docházet k mnohem vyšší finanční i časové úspoře při výběru vhodné elektroinstalace a přidružených systémů.

POUŽITÁ LITERATURA A JINÉ ZDROJE INFORMACÍ

Knihy, sborníky konferencí

- [A.1] SO, Albert T. P. *Intelligent Buildings.*, [2001]. Building Control and Automation Systems, s. 393-416.
- [A.2] MICHALIS, Pakkos; ALEXIS, Polycarpou. A New tool for Computational Analysis and Design of Electrical Installations. *7th Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion*. 2010, 7, s. 1-5.
- [A.3] HUANG, Hsiao-Yi, et al. Development of an Intelligent Energy Management Network for Building Automation. *IEEE Transactions on automation science and engineering*, Vol. 1. 2004, 1, s. 14-25.
- [A.4] WONG, S. K.; KALAM, A. Distributed Intelligent Power System Protection Using Case Based and Object Oriented Paradigms. *IEEE International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management*. 1996, s. 74-78.
- [A.5] LIDING, Chen; MING, Zeng; BUGONG, Xu. Research and Design of Intelligent Building Integrating Software Platform Based on Web. *IEEE International Conference on Control and Automation*. 2007, s. 68-73.
- [A.6] MOLDŘÍK, Petr; GURECKÝ, Jiří; PASZEK, Leopold. Usage of Multi-Criteria Analysis and Supportive Software for Optimum Location of the Modern Devices within Electrical Distribution Networks. *Electrical Power Quality and Utilisation*. 2009, 10, s. 28-33.
- [A.7] STÝSKALÍK, Jiří. *Inteligentní instalace budov INELS: Instalační příručka*. 1. vyd. Holešov-Všetuly: [s.n.], 2009. 67 s.
- [A.8] BOTHE, Robert. *Inteligentní elektroinstalace budov: Příručka pro uživatele*. Ing. Pávek Jaromír. [s.l.]: [s.n.], 2006. 147 s. Dostupný z WWW: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/pdf/manual%20nikobus.zip>.
- [A.9] *Inteligentní elektroinstalace: Návrhový a instalační manuál*. 3. vyd. [s.l.]: [s.n.], 2009. 59 s. Dostupný z WWW: <http://www.117.abb.com/viewDocument.asp?document=4735&type=>>.
- [A.10] *Building control systems*. London: Bath Press, 2000. 196 s.
- [A.11] BECKER, Martin; KNOLL, Peter. Dokumentation zur Literaturübersicht "Energieeinsparpotenzial durch moderne Elektroinstallation" : Energieeinsparpotenzial durch moderne Elektroinstallation. In *Dokumentation zur Literaturübersicht "Energieeinsparpotenzial durch moderne Elektroinstallation"*. Biberach: Hochschule Biberach, 2007. s. 1-57.
- [A.12] ZHANG, Z. Z., G. S. HOPE a O. P. MALIK. Expert Systems in Electric Power Systems: A Bibliographical Survey. *IEEE Transactions on Power Systems*. 1989, Vol. 4, s. 1355-1362. ISSN 0885-8950/0800-1355
- [A.13] TEIVE, R. C. G., A. HAWKEN a M. A. LAUGHTON. Knowledge-Based System For Electrical Power Networks Transmission Expansion Planning. *IEEE/PES Transmission & Distribution Conference & Exposition: Latin America*. 2004, s. 435-441. ISSN 0-7803-8775-9/04/20.00.
- [A.14] LAUGIS, Juhan a Valery VODOZOV. Expert System for Electric Drive Design. *International Power Electronics and Motion Control Conference: (EPE-PEMC 2008)*. 2008, roč. 13. ISSN 978-1-4244-1742-1/08/25.00.
- [A.15] KUCUK, Fuat. A Fuzzy Expert System for Quantifying Voltage Quality in Electrical Distribution Systems. *International Conference on Electricity Distribution*. 2005, roč. 18. ISSN 0-86341-529-6.

- [A.16] GHANBARI, Arash, S. Farid GHADERI a M. Ali AZADEH. A Clustering based Genetic Fuzzy Expert System for Electrical Demand Prediction. *International Power Electronics and Motion Control Conference*. 2010, č. 5, s. 407-411. ISSN 978-1-4244-5586-7/10/26.00.
- [A.17] VUC, Gheorghe. Expert System Diagnosis of Electrical Distribution Networks Reference Regimes Probabilistic Approach. *International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Devices*. 2011. ISSN 978-1-4244-9843-7/11/26.00.
- [A.18] POPPER, Mikuláš a Jozef KELEMEN. *Expertné systémy*. Bratislava: Alfa, 1989. ISBN 80-05-00051-0.
- [A.19] POPOV, V. A.. Taking into Account Power System Reaction in Problems of Multicriteria Optimizing Network Configuration ind Distribution Systems. *International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Devices*. 2008. ISSN 978-1-4244-9843-7/11/26.00
- [A.20] BAXANT, Petr. *Znalostně orientované technologie a jejich využití v osvětlovací technice*. Brno, 2007. Habilitační práce. VUT v Brně.
- [A.21] MURTINGER, Karel. *Úspory elektřiny v domácnosti*. 1. vyd. Energy Centre České Budějovice, 2008. 12 s.
- [A.22] SRDEČNÝ, Karel. *S energií efektivně – příručka pro energeticky úspornou domácnost*. 1. vyd. EkoWATT. Praha 2007. 73 s.
- [A.23] BAŽANT, Zdeněk. *Rodinný dům – Aktivní uzel ve smart grid*. Brno, 2014. Diplomová práce. VUT v Brně.
- [A.24] VODRÁŽKA, Jiří. *Komunikační síť pro energetiku (Smart Grid)*. Praha ČVUT v Praze. 38 s.
- [A.25] GARLÍK, Bohumír. *Inteligentní budovy*. 1. vydání. Praha: BEN, 2012. ISBN 978-80-7300-440-8.
- [A.26] HALUZA, Miroslav. *Klasická versus inteligentní elektroinstalace*. Brno, 2010. Diplomová práce. VUT v Brně.
- [A.27] CROSS, G. *AI and Cognitive Science '90: Application of Expert Systems in Electrical Engineering*. -. London: Springer London, 1991. ISBN 978-1-4471-3542-5.
- [A.28] MASTNÝ, Petr. *Využití znalostních technologií pro podporu návrhu energetických systémů v budovách*. Brno, 2010. Habilitační práce. VUT v Brně.
- [A.29] MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. -. Praha: -, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [A.30] DVOŘÁK, Jiří. *Expertní systémy*. Brno, 2004. VUT v Brně.
- [A.31] SKLENÁK, Vilém a kol., Data, informace, znalosti a Internet. 1. vydání. Praha: C. H. Beck, 2001. ISBN 80-7179-409-0.
- [A.32] JANÍČEK, Přemysl; MAREK, Jiří. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013. ISBN 978-80-247-4127-7.
- [A.33] ČERNÁ, Alžběta, Sémantický popis UML modelů pomocí OWL ontologií. Brno, 2013. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta informatiky v Brně.
- [A.34] ROUŠAR, Ivo. *Projektové řízení technologických staveb*. Praha: Grada, 2008. ISBN 9788024726021.
- [A.35] KANISOVÁ, Hana a Miroslav MÜLLER. *UML srozumitelně*. 2., aktualizované vyd. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 8025110834.
- [A.36] ARLOW, Jim a Ila NEUSTADT. *UML a unifikovaný proces vývoje aplikací: průvodce analýzou a návrhem objektově orientovaného softwaru*. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 807226947X.

- [A.37] MATĚJKA, Petr a Nataliya ANISIMOVA. *Základy implementace BIM na českém stavebním trhu*. Praha: FinEco, 2012. ISBN 9788086590103.
- [A.38] KRBAL, Michal. *Tvorba znalostní databáze pro světelnou techniku s možností expertního zpracování dotazů*. Brno. 2014. VUT v Brně.

Normy, zákony a vyhlášky

- [B.1] ČSN EN 15232. *Energetická náročnost budov - Vliv automatizace, řízení a správy budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 88 s.
- [B.2] ISO/IEC/IEEE 26512. *Systems and software engineering - Requirements for acquirers and suppliers of user documentation*. 2011. 46 s.
- [B.3] ČSN EN 15193. *Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 64 s.
- [B.4] ISO/IEC/IEEE 15289 ed. 2. *Systems and software engineering - Content of life-cycle information products (documentation)*. 2015. 93 s
- [B.5] ČESKO. Zákon č. 406 z roku 2000 o hospodaření energií. *Sbírka zákonů České republiky. 2000*, částka 19, s. 982-996. ISSN 1211-1244.
- [B.6] ČESKO. Zákon č. 103 ze dne 10. dubna 2015 změna o hospodaření energií. *Sbírka zákonů České republiky. 2015*, částka 43, s. 1522-1535. ISSN 1211-1244.
- [B.7] ČESKO. Vyhláška č. 148 ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov. *Sbírka zákonů České republiky. 2007*, částka 53, s. 1855-1879. ISSN 1211-1244.
- [B.8] Směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov. 2002, 13 s.

Časopisy

- [C.1] MCCLUNG, Ben; MCCLUNG, Bruce; MOHLA, Daleep. Electrical Design- Refined for Safety. *I&CPS*. 2005, 2, s. 89-98.
- [C.2] WONG, Johnny K.W.; LI, Heng. Application of the analytic hierarchy process (AHP) in multi-criteria analysis of the selection of intelligent building systems. *Building and Environment*. 2008, 43, s. 108-125.
- [C.3] KUJURO, Akihiko; YASUDA, Hiroshi. Systems Evolution in Intelligent Buildings. *IEEE Communications Magazine*. 1993, s. 22-26.
- [C.4] LEEB, Steven B., et al. Building - Level Power Network Analysis. *IEEE Computer Applications in Power*. 1992, s. 30-34.
- [C.5] TOMAN, Karel. *Decentralizované sběrníkové systémy* [online]. 2001-2009 [cit. 2010-01-01]. Decentralizované sběrníkové systémy. Text v češtině. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4213>>.
- [C.6] KLABAN, Jaromír. Inels a sběrnice CIB. *Automa* [online]. 2008, č. 12 [cit. 2010-01-01]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38218>.
- [C.7] LEPIČ, Josef. Inovace dosažená úpravou firmwaru Saia® BACnet® Building Controller. *Automa* [online]. 2004, č. 11 [cit. 2010-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=2358>>.

- [C.8] Applications of artificial intelligence and expert systems in power engineering. *The Knowledge Engineering Review*. 1990, 5(02): 127-140. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0269888914000241>. ISSN 0269-8889.

www stránky

- [D.1] HORÁK, Petr. *Co je inteligentní instalace?* [online]. 2009 [cit. 2010-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.phpe.cz/Inteligentni.htm>>.
- [D.2] TARABA, Radek. Aplikování sběrnice CAN. *Hw.cz* [online]. 1997-2009 [cit. 2010-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://hw.cz/Rozhrani/ART1173-Aplikovani-sbernice-CAN.html>>.
- [D.3] *Elektronické předradníky + Stmívání* [online]. 2008 [cit. 2010-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.elkovo-cepelik.cz/dalsi/elektronicke-predradniky--stmivani.htm>>.
- [D.4] *Crestron : Popis systému* [online]. 2007 [cit. 2010-01-01]. Dostupný z WWW: <http://www.crestron-czech.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=129>.
- [D.5] *Inels : Topologie systému Inels* [online]. 2009 [cit. 2010-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.inels.cz/index.php?sekce=produkty&akce=show&id=108>>.
- [D.6] *Zpráva o očekávané rovnováze mezi nabídkou a poptávkou elektřiny a plynu* [online]. Praha: OTE a.s., 2013 [cit. 2014-08-17]. Dostupné z WWW: <http://www.ote-cr.cz/about-ote/files-annual-reports/Expected_balance_report_2013.pdf>.
- [D.7] *Europa* [online]. 2009 [cit. 2011-11-14]. Portál Evropské unie - Publikace a dokumenty. Dostupné z WWW: <http://europa.eu/documentation/index_cs.htm>.
- [D.8] *Úsporné osvětlení a spotřebiče v domácnosti* [online]. 2007 [cit. 2015-11-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/usporne-osvetleni-a-spotrebiče-v-domacnosti>>
- [D.9] Elektroinstalace klasická [online]. - [cit. 2011-11-10]. Dostupné z WWW: <<http://rezabek.info/progres/elektroinstalace-klasicka.html>>
- [D.10] „Inteligentní“ elektroinstalace se systémem NIKOBUS. 2002 [cit. 2011-03-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/inteligentni-elektroinstalace-se-systemem-nikobus--14942>>
- [D.11] ČEZ, Iniciativa Future/E/motion, [on line] [cit. 2015-11-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost2011/cs/environment/iniciativafuture-motion.html>>
- [D.12] ŠVRČEK, M., Hrabětová, J. *Budoucnost má jméno Smart Grids*. 2009 [on line] [cit. 2015-11-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.enviweb.cz/clanek/energie/73664/budoucnost-ma-jmeno-smart-grids>>
- [D.13] Vlastnosti Protege, [on line] [cit. 2016-06-14]. Dostupné z WWW: <http://lide.uhk.cz/fim/ucitel/fshusam2/lekarnicky/zt1/zt1_kap03.html>
- [D.14] Sémantický web a jeho technologie, [on line] [cit. 2016-06-15]. Dostupné z WWW: <<http://ics.muni.cz/bulletin/articles/296.html>>
- [D.15] Znalostní technologie I, [on line] [cit. 2016-06-15]. Dostupné z WWW: <http://lide.uhk.cz/fim/ucitel/fshusam2/lekarnicky/zt1/zt1_index.html>
- [D.16] Co je IoT?, [online] [cit. 2017-04-24]. Dostupné z WWW:< <http://www.iot-portal.cz>>
- [D.17] Internet věcí, [online] [cit. 2017-04-25]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Internet_věcí>

- [D.18] Projektování v BIM, [online] [cit. 2017-05-20]. Dostupné z WWW: <bimproject.cz/cs/content/4-proc-bim>

VLASTNÍ PUBLIKACE

Časopisy

- [E.1] HALUZA, M.; MACHÁČEK, J. Využití multikriteriální analýzy (MCA) pro hodnocení inteligentních elektroinstalací. *TZB-info*, 2011, roč. 2011, č. -, s. 1-5. ISSN: 1801- 4399.
- [E.2] HALUZA, M.; MACHÁČEK, J. Klasická versus inteligentní elektroinstalace. *TZB-info*, 2011, roč. 2011, č. -, s. 1-7. ISSN: 1801- 4399.
- [E.3] HALUZA, M.; MACHÁČEK, J. Inteligentní rozvodné sítě. *TZB-info*, 2011, roč. 2011, č. -, s. 1-6. ISSN: 1801- 4399.
- [E.4] HALUZA, M.; MACHÁČEK, J. Multi-criteria analysis (MCA) for evaluation of intelligent installation. *International Journal of Advances in Engineering & Technology (IJAET)*, 2011, roč. 1, č. 4, s. 94-99. ISSN: 2231- 1963.
- [E.5] MACHÁČEK, J.; HALUZA, M.; BÁTORA, B. Proč dát přednost systémové elektroinstalaci – 1. část. *Elektroinstalátér*, 2011, roč. XVII, č. 6, s. 19-21. ISSN: 1211- 2291.
- [E.6] MACHÁČEK, J.; HALUZA, M.; BÁTORA, B. Proč dát přednost systémové elektroinstalaci – 2. část. *Elektroinstalátér*, 2012, roč. XVII, č. 1, s. 16-18. ISSN: 1211- 2291.
- [E.7] HALUZA, M.; MACHÁČEK, J. Spotřeba elektrické energie domácností, predikce a potenciální úspory pomocí BACS. *TZB-info*, 2012, roč. 2012, č. -, s. 1-5. ISSN: 1801- 4399.

Konference, semináře

- [F.1] HALUZA, M.; TOMAN, P.; MACHÁČEK, J. Economic evaluation of classical and intelligent electrical installation Inels for type options. *In Proceedings of the 12th International Scientific Conference Electric, Power Engineering 2011*. 2011. ISBN: 978-80-248-2393- 5.
- [F.2] HALUZA, M. Proposal for New Method of Evaluation of Electrical Installation. *In Proceedings of the 17th Conference STUDENT EEICT 2010 Volume 3*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií a Fakulta informačních technologií, 2011. s. 244-248. ISBN: 978-80-214-4273- 3.
- [F.3] HALUZA, M.; MACHÁČEK, J. The electricity consumption of households, prediction and potential savings through BACS. *In Proceedings of the 13th International Scientific Conference Electric, Power Engineering 2012*. 2012. s. 597-601. ISBN: 978-80-214-4514- 7.

CURRICULUM VITAE

Osobní data

Ing. Miroslav Haluza, aut. ing.

Krymská 372/9

625 00 Brno

E-mail: xhaluz07@stud.feec.vutbr.cz

Narozen dne 12. 07. 1986 ve Zlíně

Ženatý, dcera Markéta a Veronika, národnost česká

Vzdělání

2001-2005 SPŠ Zlín, obor Elektrotechnika, telekomunikační technika a výpočetní technika

2005-2010 VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, obor Elektroenergetika

2010-2016 Postgraduální studium, VUT v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, obor Elektroenergetika

Praxe

2004-2009 v Plaan czech s.r.o. v Kroměříži (dohoda o pracovní činnosti), projektování silnoproudých rozvodů

2005-2009 v EZH a.s. v Brně (dohoda o pracovní činnosti), projektování silnoproudých rozvodů

2009 v Solarhaus s.r.o. (dohoda o pracovní činnosti), projektování FV elektráren (malé výkony)

2009-2010 ve Faso s.r.o., projektování FV elektráren (velké výkony)

2010-2011 v Plaan czech s.r.o. v Kroměříži, projektování silnoproudých rozvodů

2011 - 2016 v ABB s.r.o. v Brně, projektování napájení vlastní spotřeby elektráren

2016 - dosud v Rayo Engineering s.r.o., projektování nových zdrojů elektrické energie (fotovoltaické elektrárny, kogenerační zdroje)

Autorizace

2016 Autorizovaný inženýr v oboru Technologická zařízení staveb – zapsaný v seznamu autorizovaných osob ČKAIT pod číslem 1006399